This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NAT 5064

HARVARD UNIVERSITY.

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY.

123

Exchange.

December 28, 1895 - October 1, 1897.

DEC 28 1895

193.6

123

Mitteilungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in Bern

aus dem Jahre 1894.

Nr. 1335—1372.

Redaktion: J. H. Graf.

BERN.
Druck und Verlag von K. J. Wyss.
1895.

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

Bibliographie der Schweizerischen Landeskunde.

Unter Mitwirkung
der
hohen Bundesbehörden, eidgen. und kant. Amtsstellen
und zahlreicher Gelehrter
herausgegeben von der
Centralkommission für schweizerische Landeskunde.

In deutscher und französischer Ausgabe.

Bis jetzt erschienen:

Fascikel Ia: *Bibliographische Vorarbeiten der landeskundlichen Litteratur und Kataloge der Bibliotheken der Schweiz.* Zusammengestellt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1894. 69 Seiten 8°. Preis Fr. 1.—

Fascikel II a: *Landesvermessung und Karten der Schweiz, ihrer Landstriche und Kantone.* Herausgegeben vom eidgen. topographischen Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1892. 193 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel II b: *Karten kleinerer Gebiete der Schweiz.* Herausgegeben vom eidg. topograph. Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1892. 164 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel II c: *Stadt- und Ortschaftspläne, Reliefs und Panoramen der Schweiz.* Herausgegeben vom eidg. topograph. Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1893. 173 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel IV b: *Die Fauna der italienischen Schweiz.* Redigirt von Prof. Dr. A. Lenticchia. Como 1894. 19 Seiten 8°. Preis 50 Cts.

Fascikel V 6 a–c: *Architektur, Plastik, Malerei.* Zusammengestellt von Dr. B. Haendcke. Bern 1892. 100 Seiten 8°. Preis Fr. 2.—

Fascikel V 9 a b: *Landwirthschaft.* Zusammengestellt v. Prof. F. Anderegg u. Dr. E. Anderegg. Bern 1893. Heft 1—3. 258 S. 8°. Fr. 3.—
id. „ 4 „ —.60
id. „ 5 „ 2.—

Fascikel V 9 c: *Forstwesen, Jagd und Fischerei.* II. Forstwesen. Zusammengestellt durch das eidgen. Oberforstinspektorat. Bern 1894. 160 Seiten 8°. Preis Fr. 2.—

Fascikel V 9 d: *Schutzbauten.* Zusammengestellt durch das eidgen. Oberforstinspektorat. Bern 1895. 136 Seiten 8°. Preis Fr. 2.—

Fascikel V 9 g β: *Mass und Gewicht.* Bearbeitet von F. Ris, Direktor der eidgen. Eichstätte. Bern 1894. 36 Seiten 8°. Preis Fr. 1.—

Fascikel V 9 g ε: *Bankwesen, Handelsstatistik, Versicherungswesen.* Zusammengestellt von W. Speiser, Basel, Dr. Geering und Dr. J. J. Kummer. Bern 1893. 207 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel V 10 e γ: *Die christkatholische Litteratur der Schweiz.* Zusammengestellt v. Dr. F. Lauchert. Bern 1893. 32 Seiten 8°. 60 Cts.

Fascikel V 10 e: *Die katholisch-theologische und kirchliche Litteratur des Bisthums Basel* vom Jahre 1750 bis zum Jahre 1893. Zusammengestellt von Pfr. Ludwig R. Schmidlin, Biberist. Heft 1. Fr. 3.—

Durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Mitteilungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in Bern

aus dem Jahre 1894.

Nr. 1335—1372.

Redaktion: J. H. Graf.

BERN.
Druck und Verlag von K. J. Wyss.
1895.

DEC 28 1895

Jahres-Bericht

über die

Thätigkeit der Bernischen Naturforschenden Gesellschaft

in der Zeit vom 1. Mai 1893 bis 1. Mai 1894.

Hochgeehrte Herren!

Der Mitglieder-Bestand hat sich in dem Berichtsjahre nur wenig, die Zahl gar nicht verändert. Es traten 6 Mitglieder aus, 4 verloren wir durch den Tod und 10 wurden neu aufgenommen.

Der Tod nahm uns die Herren *von Werdt,* Grossrat von Toffen, *Fankhauser,* Privatdozent und Gymnasiallehrer von Bern, *Werder,* Sekretär der Telegraphendirektion von Bern, und *Wolf,* Professor in Zürich. Dem seit 20 Jahren der Gesellschaft als thätiges Mitglied angehörenden trefflichen *Fankhauser* widmete der Unterzeichnete einen warmen Nachruf, in dem derselbe der mannichfachen Verdienste und der eigenartigen Persönlichkeit des Verblichenen gerecht zu werden sich bemühte. Der Lebensgang und das Lebenswerk des Begründers unserer „Mitteilungen", des hochverdienten Prof. *R. Wolf,* der seit 1839 unserer Gesellschaft als Mitglied angehörte, fand durch Herrn Graf eine eingehende Schilderung, die entsprechend den grossen Verdiensten, die sich Wolf auch um die bernische Naturforschende Gesellschaft erworben, in den Mitteilungen Aufnahme gefunden hat.

Aber auch den Verlust eines correspondierenden Mitgliedes beklagt die Gesellschaft in *Dr. Custer.* Bei der Langenthaler Versammlung noch gesund unter uns, wurde Custer bald nachher durch den unerbittlichen Tod unserer Gesellschaft entrissen, der er 43 Jahre angehört hatte.

Prof. *Rudolf Wolf* hat seiner alten Anhänglichkeit an die Gesellschaft dadurch Ausdruck gegeben, dass er ihr testamentarisch Fr. 1000 vermachte, welche hochherzige Gabe dem Reservefond überwiesen wurde.

Die Namen der Stifter von Legaten und Geschenken werden von nun an auf unserer *Donatorentafel* verewigt und das Andenken an die Stiftungen somit lebendiger erhalten werden.

Die Beteiligung an der wissenschaftlichen Arbeit der Gesellschaft war eine rege, die Zahl der Vorträge, dank der unermüdlichen Initiative des Sekretärs, Herrn Kissling, ungewöhnlich hoch. Eine Vermehrung der Zahl der regelmässigen Teilnehmer an den Sitzungen war nicht bemerkbar, ist auch, trotz früherhin mehrfach ausgesprochener Wünsche, kaum zu erwarten, da Bern ausser den zahlreichen schon bestehenden gelehrten Gesellschaften neuerdings auch noch eine chemische und eine photographische Gesellschaft erhalten hat, und die naturforschende Gesellschaft mit Recht darauf verzichtet eine zu weit gehende Popularisierung der Vorträge anzustreben, sondern die Mitteilung der Ergebnisse positiver und produktiver wissenschaftlicher Arbeit in möglichst gemein-

verständlicher Form in die erste Linie stellt. Diesem Grundsatze getreu wurden denn auch in den Sitzungen vornehmlich die Ergebnisse der Forscherarbeit der einzelnen Mitglieder mitgeteilt und nur selten gelangten Referate über die Arbeiten von anderen Gelehrten oder zusammenfassende Uebersichten über kleinere Wissensgebiete bez. besonders interessante Fragen zum Vortrag. Die aus der Mitte der Gesellschaft gemachte Anregung, ausserdem auch der Popularisierung der Naturwissenschaften die Aufmerksamkeit zuzuwenden, etwa in Form von öffentlichen Sitzungen, fand denn auch im Comité zunächst keinen Anklang. Die Beschlussfassung über diesen Punkt wurde jedoch vertagt. Erfreulich erscheint es, dass die Chemie wieder durch mehrere Vorträge vertreten ist.

Die Zahl der Sitzungen betrug 14, die Zahl der Vorträge 28, die der Demonstrationen 16, in Summa 44.

Folgende Herren haben sich an der wissenschaftlichen Arbeit der Gesellschaft durch Vorträge oder Demonstrationen beteiligt:

Herr	Baumberger	durch	1	Vortrag
„	A. Benteli	„	1	„
„	Bochicchio	„	1	„
„	Brückner	„	1	„
„	Drechsel	„	1	„
„	E. von Fellenberg	„	2	Demonstrationen
„	E. Fischer	„	3	Vorträge und 2 Demonstrationen
„	L. Fischer	„	1	Vortrag
„	F. A. Flückiger	„	1	„ und 1 Demonstration
„	von Freudenreich	„	1	„
„	H. Frey	„	1	„
„	Graf	„	1	„
„	Glur	„	1	„
„	G. Huber	„	2	Vorträge
„	R. Huber	„	1	Vortrag
„	von Jenner	„	2	Demonstrationen
„	Kissling	„	1	Vortrag
„	Kronecker	„	1	„
„	A. Rossel	„	2	Vorträge
„	Rubeli	„	1	Vortrag
„	Steck	„	1	„ und 1 Demonstration
„	Th. Studer	„	2	Vorträge und 2 Demonstrationen
„	Tschirch	„	3	„ und 6 „

Den Vortragenden sei auch an dieser Stelle der Dank der Gesellschaft ausgesprochen.

An die Vorträge schloss sich regelmässig eine rege Diskussion, die nicht selten fast die gleiche Zeit in Anspruch nahm wie der Vortrag selbst, immer aber neue und interessante Seiten dem Gegenstande abgewann.

Die Sitzungen fanden fast ausschliesslich im Storchen statt, nur gelegentlich der Besichtigung des neuen pharmazeut. Institutes und des neuen chemischen Labaratoriums wurden die Sitzungen in den Hörsälen der betreffenden Institute abgehalten.

Im Laufe des Sommers fand eine geologisch-botanische Excursion nach dem *Belpberg* statt, und am 2. Juli wurde eine Sitzung in *Langenthal* abgehalten, deren Vorbereitung Herr Sahli in Langenthal übernommen

hatte. Dieselbe verlief unter reger Teilnahme der Langenthaler und auch einiger Solothurner und Aarauer Naturforscher programmgemäss. Besonders erfreute uns die Teilnahme von Prof. Lang aus Solothurn und Dr. Custer aus Aarau. Der Beschluss, öfter solche Versammlungen ausserhalb Berns zu halten, entsprach der allgemeinen Stimmung. Nach dem gemeinsamen Mittagsmahle fand ein Besuch der erratischen Blöcke auf dem Steinhof statt, bei denen Solothurn einen Willkommengruss kredenzte.

Am 16. Dezember wurde alsdann im Storchen das Jahresfest durch ein fröhliches Mahl gefeiert.

Da die Kosten für die Herstellung der Tafeln und Karten, die den Mitteilungen beigegeben werden, die Mittel der Gesellschaft nicht nur erschöpfen, sondern nicht selten überschreiten, ist Staatshilfe in Aussicht genommen und bereits zugesagt.

Durch den Umzug des historischen Museums in den Neubau auf dem Kirchenfeld wurden die Räume, in denen sich dasselbe bisher befand, frei. Da die Gesellschaftsbibliothek z. Z. ausserordentlich ungünstig und unzureichend untergebracht ist, so wurde ein Gesuch um Ueberlassung einiger Räume des alten historischen Museums bei der Commission der Stadtbibliothek eingereicht. Die Verhältnisse der Bibliothek der Schweiz. naturforschenden Gesellschaft sind bei dieser Gelegenheit durch eine vom Centralpräsidenten berufene Commission gleichfalls erörtert und geregelt worden.

Am 17. Februar wurde Herrn *B. Studer* sen., der nunmehr 50 Jahre der Gesellschaft angehört, eine geschmackvoll ausgestattete Adresse überreicht, in der den Verdiensten des Gefeierten geziemend gedacht und den Glückwünschen der Gesellschaft Ausdruck verliehen wird. Auch gelegentlich des Jubiläums von Prof. *Wild* in Petersburg, unseres correspondirenden Mitgliedes, wurde ein Glückwunschtelegramm abgesandt. Ebenso gedachte die Gesellschaft des Jubiläums der Alizarinsynthese und sandte an Prof *Gräbe* in Genf ein Telegramm. Die gleiche Form wurde anlässlich der Jubiläen des Naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn gewählt.

Ueber den Lesezirkel berichtet Herr Th. Steck:

«Der im Frühjahr 1890 eingeführte Lesezirkel wurde im abgelaufenen Jahre von 36 Teilnehmern benützt. Die Zahl der demselben beigelegten Zeitschriften hat sich gegenüber dem Vorjahre nicht verändert und auch ihr Bezugsmodus ist der gleiche geblieben, indem noch immer die Gesellschaft für 5 Zeitschriften aufkommen muss und 7 der Bibliothek der naturforschenden Gesellschaft tauschweise zukommen. Es ist zu hoffen, dass der neuerdings von Seite der Bibliothekleitung genommene Anlauf zur Erweiterung des Tauschverkehrs mit weiteren Gesellschaften auch den Teilnehmern des Lesezirkels zu Gute kommen werde. Die Einrichtung des Lesezirkels hat sich bei vielen Teilnehmern so eingelebt, dass trotz der bedeutenden Opfer, die die Gesellschaft für denselben bringt, an ein Eingehenlassen desselben nicht mehr gedacht werden darf. Im Verlaufe des verflossenen Jahres hat sich nun herausgestellt, dass die bei Einrichtung des Lesezirkels obwaltenden Sparsamkeitsrücksichten bezüglich Herstellung der Mappen aus Leinwand statt aus Leder übel angebracht waren, indem nun fast alle Mappen der Reihe nach der Reparatur

unterworfen werden müssen, was natürlich eine unliebsame Erhöhung der Kosten für den Lesezirkel nach sich zieht.

Trotz der nun schon seit einiger Zeit eingetretenen Thätigkeit der Kontroleure will es nicht gelingen, eine Anzahl Teilnehmer zu regelmässiger Spedition der Mappen zu bringen und gar oft wird in Fällen der Aufhäufung von Mappen bei einem einzelnen Teilnehmer in der Versendung derselben nicht einmal mehr die richtige Reihenfolge eingehalten, was den Zusammenhang der sich durch verschiedene Nummern von Zeitschriften hinziehenden Artikel empfindlich stört. Möchten sich daher alle Teilnehmer befleissigen, die bei ihrem Namen angebrachten Daten zur Versendung der Mappen strenge innezuhalten.»

Zum Präsidenten für die folgende Amtsperiode wurde Herr *E. Fischer,* zum Vicepräsidenten Herr *G. Huber* gewählt.

Der Unterzeichnete schliesst den Bericht mit dem Wunsche, dass die naturforschende Gesellschaft mehr und mehr der Brennpunkt des naturwissenschaftlichen Lebens der Bundesstadt werden und alle Kräfte, die zur Erweiterung naturwissenschaftlicher Erkenntnis thätig sind, in sich vereinigen möge, damit sich ihr Wirkungskreis nicht nur erweitere, sondern auch vertiefe und naturwissenschaftliches Interesse durch naturwissenschaftliche, methodische Arbeit geadelt werde. Gewiss lassen sich die Ergebnisse der Forscherarbeit meist gemeinverständlich und beziehungsreich darstellen und in dieser besten Form populärer Darstellung mag auch der Popularisierung ein Platz eingeräumt sein, aber die wissenschaftliche Arbeit, die Beobachtung und das Experiment müssen doch immer im Vordergrund stehen und die Hauptsache bleiben. Nur so wird sich die naturforschende Gesellschaft neben den kleinen, Sonderzwecke verfolgenden Gesellschaften siegreich behaupten und sich die erste Stelle unter den gelehrten Gesellschaften Berns erhalten.

Der abtretende Präsident:

Tschirch.

Sitzungsbericht.

869. Sitzung vom 13. Januar 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmazeut. Institut.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend 17 Mitglieder und 1 Gast.

1) Herr Graf: Nekrolog von Prof. Rud. Wolf.

2) Herr Baumberger: Ueber die Kreide am Bielersee. (Siehe die Abhandlungen.)

870. Sitzung vom 20. Januar 1894.

Abends 7½ Uhr im Hörsaal des chemischen Laboratoriums.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend: 25 Mitglieder und 6 Gäste.

1) Herr A. Rossel: Ueber Papier und Papierprüfung.

2) Herr E. v. Freudenreich: **Ueber die Bitterkeit der Käse und Bakterien, welche dieselbe hervorrufen.**

Als Schweizer oder wenigstens als Gäste der Schweiz sehen wohl die meisten unter Ihnen mit Vergnügen ein Stück Emmenthalerkäse auf dem Speisetisch ankommen. Ich darf daher vielleicht Ihre Geduld auf einige Augenblicke in Anspruch nehmen, um Ihnen ganz kurz eine Krankheit dieses Käses und die diese Krankheit hervorbringende Bakterie zu schildern.

Es geschieht nämlich zuweilen, dass die Käse während der Reifungsperiode einen bittern Geschmack annehmen, der natürlich der Qualität des Käses Abbruch thut. Schon einmal hatte ich Gelegenheit, einen solchen Käse zu untersuchen, aber meine Bemühungen, eine Bakterie als Ursache dieser Krankheit zu finden, blieben damals erfolglos. Möglicherweise war der Käse zu alt und die betr. Bakterie in demselben bereits abgestorben. Letzten Sommer erhielt nun Dr. Schaffer, Kantonschemiker hier, aus Reutigen, am Fusse der Stockhornkette, ein Stück Käse zur Begutachtung, welches ganz widerwärtig bitter schmeckte. Mittelst des Plattenverfahrens konnte ich nun aus demselben zahlreiche Kolonien eines Mikrokokkus züchten, welcher in Milch verimpft, derselben einen ausgesprochenen Geschmack verlieh. Eine solche Milch sehen Sie hier, und Sie können sich leicht überzeugen, dass diese Bitterkeit eine deutliche ist.

Pathogen ist dieser Mikroorganismus nicht, so dass Sie dabei keinerlei Gefahr laufen. Schon unzählige Male habe ich von solcher Milch gekostet, ohne die geringste schlechte Nachwirkung zu verspüren. Um nun festzustellen, dass auch die Bitterkeit des untersuchten Käses von dieser Bakterie herrührte, machte ich noch zwei Versuchskäse, einen aus pasteuri-

sierter Milch, um die Mitwirkung anderer Mikroorganismen auszuschliessen, den anderen aus gewöhnlicher Milch, indem ich der Milch vor dem Laben eine Bouillonkultur dieser Bakterie zusetzte. Beide Käse, die ich Ihnen hier vorzeige, sind, wie Sie sich auch selbst überzeugen können, deutlich bitter geworden. Diese Bitterkeit ist allmählig entstanden und rührt nicht etwa von dem Zusatz der Bouillonkultur her, denn in Bouillon erzeugen diese Bakterien keine Bitterkeit. Man darf daher wohl annehmen, dass diese Bakterien auch wirklich die Ursache der Bitterkeit des untersuchten Käses waren.

Ich werde nun die kulturellen Merkmale dieser Bakterie kurz schildern. Wie bereits gesagt, handelt es sich um einen Mikrokokkus etwas ovaler Form. Gelatine wird von ihm verflüssigt. Auf Agar bildet er in Stichkulturen einen dünnen grau-weisslichen Belag. In Stichkulturen wächst er üppig im Stich, besonders wenn dem Nähragar Milchzucker zugesetzt ist. Auf der Kartoffel wächst er spärlich unter Bildung eines weisslichen, mit gelblichen Rändern versehenen Rasens, der sich nie stark ausbreitet. Er wächst gut bei Luftabschluss. In Milch verimpft, bringt er sie zum Gerinnen binnen 24 Stunden bei 35°, weil er zur Klasse der Milchsäurefermente gehört. Und zwar ist er ein ziemlich energischer Milchsäurebildner, denn schon nach 24 Stunden bei 25° braucht man ca. 7 cc. der $^1/_4$ Normal-Natronlaugelösung zum Neutralisieren der in 50 cc. einer mit 5 % Milchzucker versetzten Bouillon gebildeten Säure. Nach 24 Stunden ist in der Milch die Bitterkeit schon deutlich, nach 48 Stunden ist sie noch ausgesprochener.

Die geronnene Milch löst sich in der Folge teilweise wieder auf, was auf eine Peptonisierung zurückzuführen ist, die sich bereits in der Verflüssigung der Gelatine kund gibt.

Dieser Mikroorganismus ist nicht sehr widerstandsfähig. Eine 5 Minuten lang andauernde Einwirkung einer Temperatur von 70° tötet ihn. Eintrocknung verträgt er während ca. 9 Tagen.

Pathogene Wirkung äussert er, bei Kaninchen wenigstens, nicht.

Es frägt sich nun noch, ob dieser Mikroorganismus identisch ist mit einem der bereits bekannten Erreger der bitteren Milch?

Die Eigenschaft, die Milch bitter zu machen, besitzen nämlich eine ganze Klasse von Bakterien, die sog. Kartoffel- und Heubacillen. Es sind dieses sehr widerstandsfähige Bacillenarten, welche die Erdoberfläche bewohnen und daher häufig in Heuinfusen, oder auf der Oberfläche der Kartoffeln gefunden werden, woher ihr Name. Dieselben nun können auch die Milch bitter machen, aber gewöhnlich nur unter ganz bestimmten Bedingungen. Wenn man Milch aufkocht und einige Tage sich selbst überlässt, so wird sie meist bitter; die gewöhnlichen Milchsäure-Bakterien der Milch werden nämlich durch das Aufkochen zerstört, nicht aber die resistenten Heu- und Kartoffelbacillen, welche sich dann nachträglich in der Milch entwickeln und dieselbe bitter machen. In frischer ungekochter Milch dagegen ist dieses nicht der Fall, weil die Konkurrenz der Milchsäurebakterien sie in ihrer Entwicklung verhindert. Diese sind nun Bacillen, sind also mit unserem Mikrokokkus nicht identisch. Ferner hat *Wegmann* einen anderen Bacillus beschrieben, der auch die Milch bitter macht; dagegen entwickelt er sich im Käse nicht. Der einzige Mikroorganismus, der mit dem unsrigen Aehnlichkeit hat, ist ein von *Cann* aus bitterem Rahm gezüchteter Mikrokokkus. Er unterscheidet sich

jedoch dadurch, dass er die Gelatine und die Bacillen stark fadenziehend macht. Man darf daher unsern Mikrokokkus als eine *nova species* bezeichnen und ich würde für ihn den Namen *M. casei amari* vorschlagen.

Worauf beruht nun die Entstehung der Bitterkeit in der Milch? Nach *Hoppe* soll meist die Bildung von Pepton die Ursache derselben sein. Es ist nun auch richtig, dass schwache Peptonlösungen bitter schmecken und dass in der That die meisten Bakterien, welche die Milch bitter machen, Pepton producieren. Auch der *M. casei amari* bildet Pepton und zwar enthielt nach einer von Dr. Bondzynski ausgeführten Analyse eine Cultur desselben in Milch ca. 0,8 % Pepton. Indessen glaube ich, dass in unserem Falle noch besondere Bitterkörper gebildet werden, deren chemische Reindarstellung jedoch eine sehr schwierige Aufgabe sein wird, wie überhaupt das Studium der Bakterienprodukte keine einfache Aufgabe ist. Indirekt glaube ich auf folgende Weise nachgewiesen zu haben, dass ausser Pepton noch andere bitter schmeckende Substanzen von unserm Mikrokokkus in der Milch gebildet werden. Man filtriert eine Milchcultur und fügt dem Filtrate Alkohol zu, um die Peptone auszufällen; dann filtriert man wieder und fügt wiederum Alkohol zu, bis eine Trübung erscheint, um wieder zu filtrieren und so weiter fort, bis nach Alkoholzusatz und Erwärmen gar keine Ausfällung mehr stattfindet. Darauf lässt man verdampfen. Man bekommt dann einen braunen Rest, den Sie hier sehen, der also kein Pepton enthält, jedoch noch deutlich bitter schmeckt. In demselben ist natürlich noch allerlei enthalten und der Bitterkörper steht nicht etwa isoliert da. Ich glaube aber, dass man darauf fussend annehmen darf, dass dieser Mikroorganismus ausser Pepton noch andere bitterschmeckende Substanzen erzeugt.

871. Sitzung vom 3. Februar 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend: 21 Mitglieder und 3 Gäste.

1) Herr G. Huber: **Ueber Sternschnuppen und Meteorite.**

Der Vortragende gab zunächst eine Erklärung der Meteore und ihrer Einteilung.

Die Völker des Altertums und Mittelalters schenkten den Meteorerscheinungen nur wenig Aufmerksamkeit, erst in diesem Jahrhundert, seit Chladni, bildete sich die Meteorastronomie aus, besonders durch die Arbeiten Schiaparelli's, vom Jahre 1866. Es wurden die Höhen, in denen die Meteore erscheinen, ihre Geschwindigkeit, ihre Wärmeentwicklung und ihre Bahnen um die Sonne besprochen. Es folgte die Beschreibung der Erscheinung einer Feuerkugel und speciell einiger von Prof. Niessl untersuchten Feuermeteore. Ferner wurden die wichtigsten der auf die Erde gefallenen Meteorite, die Steinregen und der kosmische Staub erwähnt, die chemische Analyse, die Widmannstätt'schen Figuren und als besonders merkwürdig das Auffinden von organischer Substanz und von Diamanten in den Meteoriten hervorgehoben.

Ferner wurde die jährliche und tägliche Variation in der Häufigkeit der Meteore behandelt und die Erklärung gegeben, warum die meisten

Sternschnuppen erstens immer gegen Morgens 6 Uhr, zweitens aus Osten und drittens im Herbst erscheinen.

Schliesslich folgte noch die Erklärung der Bahnen von Sternschnuppenschwärmen, der Ausstrahlung oder Radiation der Meteore eines Schwarmes und eine eingehendere Schilderung des Augustschwarmes der Perseiden und des Novemberschwarmes der Leoniden.

2) Herr E. v. Fellenberg: Demonstration von Meteoriten aus dem naturhistorischen Museum.

3) Herr G. Glur: Schaf und Ziege in den Pfahlbauten (siehe die Abhandlungen).

872. Sitzung vom 17. Februar 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend: 23 Mitglieder.

1) Herr G. Huber: **Ueber Meteorströme und die Bedeutung der Meteore im Weltraume.**

Es wurde ein Verzeichnis derjenigen Radianten aufgestellt, welche die meisten Sternschnuppen liefern, und die Thatsache und Erklärung der langdauernden Radianten erwähnt. Nicht nur die Sternschnuppen besitzen feste Radianten, sondern auch die Feuerkugeln, Meteorite und Boliden. Es folgte dann der Zusammenhang zwischen Sternschnuppenschwärmen und Kometen, ausführlicher speciell die Auflösung des Biela'schen Kometen in einen Meteorschwarm, die Erklärung über den Ursprung und die Entstehung der Meteorströme, als Auflösungsprodukte der Kometen, die aus den Fixsternräumen in unser Sonnensystem eindringen. Im weiteren wurde der Zusammenhang der Feuerkugeln und Aerolithen mit den Sternschnuppen erläutert und die Ueberzeugung gewonnen, dass alle diese Körper derselben Klasse angehören und sich nicht wesentlich von einander unterscheiden. Ueber den Ursprung der Meteoriten existieren drei Hypothesen: die eine befürwortet ihren planetarischen, die andere ihren ausserplanetarischen Ursprung, während die dritte dieselben durch Zertrümmerung eines Körpers unseres Planetensystems entstehen lässt.

Die spektralanalytischen Resultate sind noch dürftig.

Es folgte dann die Bedeutung der Meteore im Weltraum. Sie spielen in unserm Sonnensystem nach Prof. Seeliger die Rolle eines „widerstehenden Mittels", aber nicht in Enke's Sinne. Die Meteorschwärme und kosmischen Wolken dienen zur Erklärung der neuen und veränderlichen Sterne und der Nebelflecke. Der englische Astronom Lockyer schreibt denselben eine universelle Bedeutung zu, indem er alle kosmischen Himmelskörper auf meteorischen Ursprung zurückführt.

2) Herr Th. Studer: Ueber die Tiefseefauna im pacifischen Ocean.

873. Sitzung vom 3. März 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender Herr Tschirch. Anwesend 24 Mitglieder und 1 Gast.

1) Herr Bochicchio: **Ueber eine neue, Blähung der Käse erzeugende Hefeart.**

Im Laufe meiner mikrobiologischen Untersuchungen über Italienerkäse im bakteriologischen Institut der Universität Bern habe ich in einem Stücke frischen *lombardischen Grana-Käse* eine noch nicht beschriebene Hefeart gefunden.

Dieser Mikroorganismus zersetzt bei günstigen Lebensbedingungen sehr schnell verschiedene Zuckerarten, hauptsächlich Milchzucker, wobei besonders gasförmige Produkte entstehen, und kann damit die so unangenehmen Käseblähungen hervorbringen. Er entwickelt sich mit grösster Leichtigkeit auf jeglichem Nährboden, selbst wenn dieser bereits von andern Mikroben zersetzt ist, und lebt sogar in destilliertem und sterilisiertem Wasser und auf Gypsblöcken. Bei oberflächlichen Kulturen bildet er schöne, runde, mit glatten Bändern versehene, die Gelatine nicht verflüssigende, sehr fein granulierte und weissliche Kolonien, welche oft einen Durchmesser von einigen Millimetern erreichen. Meistens erscheint er als mehr oder weniger längliche, elliptische oder eirunde, selten kugelrunde oder stäbchenartige Hefenzellen, mit deutlich bemerkbarer Membran und bisweilen mit Kernkörpern oder Vorknoten. Diese Zellen haben im Mittel eine Länge von 5 μ und eine Breite von 3 μ, sind leicht zu färben und entfärben sich nicht nach der Gram'schen Methode.

Auf zuckerhaltigen Nährböden, speciell milchzuckerhaltigen, erreicht er bei Luftzutritt und bei ziemlich hoher Temperatur (zwischen 20 und 30, ja 40 °) die höchste Entwicklung, unter lebhafter Schaumbildung, wobei ein Geruch nach gährendem Most bemerkbar wird. Er koaguliert die sterilisierte Milch schon nach einigen Tagen und bringt auch eine partielle Verflüssigung des Koagulums hervor ohne deutliche Säurebildung.

Die Zellen besitzen eine merkbare Molekularbewegung und sie vermehren sich durch einseitige Sprossung. Bis jetzt habe ich weder Sporen- noch Kapselbildung beobachten können.

Bei einer Temperatur unter 20 ° C. ist seine Entwicklung sehr langsam und beinahe unmerklich, bei 40 ° sehr rasch, aber bei 45 ° nimmt sie sofort ab, und bei 50—60 ° stirbt der Pilz unfehlbar nach 15 Minuten ab. Sublimatlösungen von $^1/_2$ — 1 ‰ und Phenollösungen von 2,5—5 % töten ihn binnen wenigen Augenblicken oder spätestens in einigen Minuten. Er widersteht jedoch der Einwirkung von gesättigter Salzlösung während 30—40 Minuten, von dreiprocentiger Natronlösung während 10—15 Minuten. In Bouillon mit bis höchstens 1—2 % Milchsäure kann er noch vegetieren. In diesen Fällen jedoch, sowie unter allen andern ungünstigen Bedingungen, zeigt die Kultur einen gewissen Rückgang und viele Degenerationsformen. Die Gasentwicklung und mit ihr auch die Vitalität des Pilzes erfahren dadurch eine merkbare Schwächung. Die Eintrocknung bei 35 ° C. vernichtet ihn in wenigen Tagen (höchstens in einer Woche).

Impft man ihn in frische Milch und macht man aus derselben einen Hartkäse, so bringt er, auch bei einer Temperatur unter 20 ° C., eine merkbare Blähung mit grossen Löchern, besonders in den oberflächlichen Teilen des Käses, hervor. Er verwandelt die Molke in ein schäumendes und nicht unangenehm schmeckendes Getränke. Die infizierte Molke hat weder bei Hunden, noch bei mir selbst irgendwelche Magenstörungen hervorgebracht. Die Tierversuche haben bis jetzt keine pathologischen Erscheinungen erzeigt.

Alles in allem unterscheidet sich dieser Hefepilz merklich von den bis jetzt von Adametz [1]), Freudenreich [2]), Kayser [3]) und anderen, in Fällen von Käseblähungen beschriebenen und studierten Mikroorganismen. Ich schlage deshalb vor, ihn *Lactomyces casei-grana* zu nennen, im Hinblick auf seine Herkunft; auch habe ich die Absicht, in nächster Zeit eingehendere chemisch-physiologische Untersuchungen dieses Hefepilzes auszuführen.

Aus dem bisher Gesagten folgt, dass dieser Pilz schädlich und nützlich zugleich ist, indem er einerseits die Käseblähung verursacht, andrerseits aus der Molke ein angenehmes, erfrischendes und billiges Getränk machen kann.

Gestützt auf diese Angaben, sei es mir gestattet, folgende Schlüsse zu ziehen:

1) Dieser Pilz ist eine saprophyte, nicht pathogene, unbewegliche, facultativ aërobe, elliptische, durch *einseitige Sprossung* sich auszeichnende, die *Milch zum Gerinnen bringende*, hauptsächlich aber Milchzucker vergährende, *Kohlensäure* und Alkohol bildende Hefeart.

2) Er kann die *Blähung auch der harten Käse* verursachen, hauptsächlich im Sommer, in warmen Lokalen, bei gewärmter und längere Zeit stehen gebliebener Milch.

3) Man ist leicht im Stande, ihn zu vernichten durch Anwendung einer nicht allzuhohen Temperatur, indem z. B. der Bruch während 10—15 Minuten auf 55—60 ° erwärmt wird, u. s. w.

4) Dieser Pilz kann zur Vergährung von Molke gebraucht werden, die er in ein angenehm schmeckendes, alkoholisches Getränk verwandelt. Zu diesem Zwecke könnte man ihn mit einer Weinhefe vermischen und der Molke einen kleinen Zucker- und Weinsäure-Zusatz beifügen.

2) Herr Brückner: Ueber das japanische Erdbeben vom 28. Oktober 1891.

3) Herr Th. Steck: Zur Biologie des Moossedorfsees (siehe die Abhandlungen).

874. Sitzung vom 17. März 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend: 19 Mitglieder.

1) Herr Tschirch: Ueber den Ort der Harzbildung bei der Pflanze.

2) Herr Th. Steck: Demonstration südamerikanischer Schmetterlinge.

875. Sitzung vom 28. April 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Tschirch. Anwesend: 20 Mitglieder und 1 Gast.

1) Wahlen: Zum Präsidenten für das Vereinsjahr 1894/95 wird gewählt Herr Prof. Dr. E. Fischer, zum Vicepräsidenten Herr Prof. Dr. G. Huber.

---

[1]) L. Adametz. — Ueber die Ursachen und Erreger der abnormalen Reifungsvorgänge beim Käse. Erweiterter Separat-Abdruck aus der „Milchzeitung". Bremen 1893, p. 54—55.

[2]) Ed. von Freudenreich. — Die Bakteriologie in der Milchwirtschaft. Basel 1893, p. 36—43.

[3]) E. Kayser. — Contribution à l'étude physiologique des levures alcooliques du lactose. Annales de l'Institut Pasteur, 5e année, Déc. 1891, n. 12, vol. V.

2) Herr Ed. Fischer legt die **Resultate einiger neuerer Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Rostpilze** vor, unter Beiziehung einer Anzahl eigener Versuche.

Das Aecidium auf *Rhamnus Frangula* und auf *Rh. cathartica* gehört, wie bereits Plowright[1]) vermutet und sodann Klebahn[2]) nachgewiesen hat, zu zwei verschiedenen, einander sehr nahe stehenden, aber bisher unter dem Namen *P. coronata* als einheitliche Art betrachteten Puccinien. Vortragender konnte durch eigene Versuche bestätigen, dass die *P. coronata* des *Lolium* nur auf *Rhamnus cathartica* Spermogonien und Aecidien bildete, nicht aber auf *Rh. Frangula,* während *P. coronata* einer andern, nicht näher bestimmten Graminee nur *Rh. Frangula* infizierte.[3])

Eine in ihren Teleutosporen der *P. coronata* sehr ähnliche *Puccinia* ist die *Festuca*-Arten bewohnende *P. Festucae* Plowr. Das zugehörige Aecidium ist, wie Plowright[4]) gezeigt hat, *Aec. Periclymeni.* In Übereinstimmung damit erzielte Vortragender Aecidien auf *Lonicera nigra* durch Infektion mit Teleutosporen, welche auf *Festuca rubra* L. var. *fallax* gewachsen waren.

Bei Isenfluh im Berner-Oberland fand Vortragender auf *Centaurea Scabiosa* häufig ein Aecidium vor, unweit davon steht *Carex montana,* welche im Herbst reichlich Teleutosporenlager einer *Puccinia* trug. Infektionsversuche, die im Frühjahr mit letzteren vorgenommen wurden, hatten auf *C. Scabiosa* fast regelmässig ausgezeichneten Erfolg. Auch *Centaurea Jacea* und *nigra* konnten mit derselben (wenn auch nicht jedes mal) erfolgreich infiziert werden. Es ist daher wahrscheinlich, dass der Pilz identisch ist mit *Puccinia tenuistipes* Rostr. und *P. arenariicola* Plowr., natürlich unter dem Vorbehalt, dass mit den auf *Centaurea Scabiosa* entwickelten Aecidiosporen auch *Carex muricata* und *arenaria* infiziert werden könne. Auf *Centaurea montana* konnte dagegen unter zahlreichen Versuchen nur bei zweien ein Erfolg konstatiert werden, obgleich bei Isenfluh ein Aecidium auf dieser Pflanze sehr häufig auftritt.

Vortragender besprach sodann die Kiefern-Blasenroste *(Peridermium),* welche in neuerer Zeit Gegenstand schöner und sorgfältiger Untersuchungen von Klebahn[5]) gewesen sind. Aus diesen geht hervor, dass sowohl bei den zur Gattung *Cronartium* gehörenden rindenbewohnenden als auch bei den zu *Coleosporium* gehörenden nadelbewohnenden Formen mehrere Arten zu unterscheiden sind, welche in morphologischer Hinsicht unter einander sehr ähnlich sind, aber ihre Teleutosporen auf verschiedenen Nährpflanzen bilden. — Vortragender ist in der Lage, die Zahl dieser Arten noch zu vermehren: Bei Bern kommt auf den Nadeln von *Pinus silvestris* ein *Peridermium* vor, in dessen Nähe *Inula Vaillantii* Vill.

---

[1]) British Uredineae and Ustilagineae 1889 p. 164.

[2]) Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Bd. II, Heft 6 u. Bd. III, Heft 4, p. 199.

[3]) In einem dritten Versuche wurden teleutosporentragende Grasblätter auf 4 Rh. Frangula und 4 Rh. cathartica aufgelegt, und es blieb nur eine Rh. Frangula spermogonienfrei. Es müssen also in diesem Falle die verwendeten Grasblätter Teleutosporenlager beider Arten getragen haben.

[4]) Gardeners Chronicle VIII p. 46.

[5]) S. besonders: Berichte der deutschen botan. Gesellschaft 1890 Bd. VIII, p. (59). — Hedwigia 1890 p. 27. — Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Bd. II, Heft 5 u. 6, Bd. IV p. 7 ff.

häufig ein *Coleosporium* trägt, welches bereits von Otth aus unserer Gegend auf dieser Nährpflanze angegeben wurde[1]). Im Herbst 1892 wurden vom Vortragenden Sporidien dieses *Coleosporium* auf kleine *Pinus*pflanzen ausgesät. Die Keimschläuche konnten bis zum Vorhof der Spaltöffnungen verfolgt werden, und im nächsten Frühjahr erschienen an den Nadeln Spermogonien und Aecidien. Es wurden sodann umgekehrt Aeciosporen des Pilzes auf *Inula Vaillantii, Inula Helenium, Sonchus oleraceus, Tussilago Farfara, Senecio cordatus* und *Senecio vulgaris* ausgesät, aber bloss auf den beiden erstgenannten Pflanzen entwickelte sich der Uredo. Das *Coleosporium* auf *Inula Vaillantii* und *I. Helenium* ist somit eine besondere, von *Coleosp. Sonchi, Senecionis* u. *Tussilaginis* verschiedene Art[2]).

Im Herbst 1893 säte ferner Vortragender die Sporidien folgender Coleosporien auf kleine *Pinus*pflanzen aus: *C. Petasitis* de By. (von *Petasites officinalis*), *C. Cacaliae* (DC.) (von *Adenostyles*), *C. Sonchi arvensis* (Pers.) (von *Sonchus asper*), *C. Tussilaginis* (Pers.) (von *Tussilago Farfara*), *C. Campanulae* (Pers.) (von *Campanula Trachelium*), *C. Senecionis* (Pers.) (von *Senecio silvaticus*). Diesen Frühling sind nun entweder an sämtlichen oder doch an einigen der durch jede dieser Formen infizierten *Pinus*pflanzen mehr oder weniger reichlich Spermogonien, z. T. auch schon Aecidien aufgetreten. Alle vorhin genannten Coleosporien sind somit heteroecisch und Vortragender ist auch der Ansicht, dass sie als differente Arten aufzufassen seien; es geht dies übrigens z. T. aus einer Angabe von Klebahn hervor, nach welcher *Petasites officinalis* mit *Peridermium Plowrightii* Kleb. nicht infiziert werden konnte, z. T. auch aus einer Beobachtung des Vortragenden, welcher ganz gesunde *Tussilago Farfara* neben stark befallenen *Adenostyles* stehen sah.

Bezüglich der compositenbewohnenden *Puccinien* vom Typus der *P. Hieracii* machte Vortragender bisher folgende Erfahrungen, welche die Magnus'schen[3]) Ausführungen über diese Formen teils bestätigen, teils erweitern: Mit der Form[4]) auf *Carlina acaulis* wurde auf *Cirsium oleraceum*[5]) und *eriophorum* keine Infektion erzielt, mit *Pucc. Centaureæ* auf *Centaurea Scabiosa* konnte bloss wieder *C. Scabiosa*, nicht aber *Cirsium oleraceum*[5]) infiziert werden. Mit *Puccinia Cirsii* auf *Cirsium oleraceum* konnte bloss wieder *C. oleraceum*[5]), nicht aber *C. eriophorum* und *Centaurea Scabiosa* infiziert werden. — *Pucc. Cirsii* auf *Cirs. spinosissimum* befiel *Cirsium eriophorum*, nicht aber *Centaurea Scabiosa, Carduus defloratus* und *Cirsium oleraceum*. — *Puccinia* auf *Carduus defloratus* ging bloss wieder auf *Carduus defloratus*, während *Cirsium eriophorum, Centaurea Scabiosa* und *Cirsium oleraceum* gesund blieben.

Alle diese Resultate bestätigen die Erscheinung, dass es bei den Uredineen (wie übrigens auch in andern Gruppen) Arten gibt, die, morphologisch kaum von einander verschieden, sich doch durch ihr biologisches Verhalten als distinkte Arten bekunden.

[1]) Diese Mitteilungen Jahrg. 1865 p. 179.

[2]) Wir behalten für diese einfach den alten Namen Coleosp. Inulae (Kze.) bei. Da es bräuchlich geworden ist, dem zugehörigen *Peridermium* ebenfalls einen Namen zu geben, so nenne ich dasselbe *P. Klebahni.*

[3]) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Jahrgang 1893, Bd. XI, p. 453 ff.

[4]) Zur Infektion dienten in diesen Versuchen stets überwinterte Teleutosporenlager resp. die daraus entstandenen Sporidien.

[5]) Vielleicht handelt es sich hier eher um C. oleraceum × palustre.

876. Sitzung vom 19. Mai 1894.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 12 Mitglieder.

1) Herr F. W. Schmidt: **Die Entwickelungsgeschichte des periodischen Systems.**

Da das «Periodische System der Elemente», welches zu gleicher Zeit und unabhängig von einander im Jahre 1869 von *D. Mendelejeff* und *Loth. Meyer* entwickelt wurde, sich gründet auf die Grösse des Atom-Gewichtes der Elemente, so ist es notwendig, auf die Entstehung der «atomistischen Hypothese» überhaupt zurückzukommen. Schon griechische Philosophen haben den Gedanken ausgesprochen, dass die Materie bestehe aus nicht weiter zerlegbaren kleinsten Teilchen, den sog. «Atomen», aus welchen sich alle materiellen Gebilde aufbauten. Aber erst durch *Dalton's* Entdeckung des Gesetzes der «constanten und multiplen Proportionen» hat diese Hypothese, die im Verlauf der Zeiten häufig zur Erklärung der Vorgänge in der Natur in Anwendung kam, eine reelle Basis erhalten. In den beiden *Dalton'schen* Gesetzen liegt ferner der Keim der heute von der Wissenschaft angenommenen «Atomistischen Molekulartheorie und Valenzlehre», welche noch das Gesetz von *Avogadro* zu ihrer Entwickelung herbeizieht. Ausserdem dienen beide Gesetze als Grundlage bei der Bestimmung der «Aequivalent-Gewichte» der Elemente. Es wurde dann der Zusammenhang zwischen «Aequivalent-Gewicht, Atom-Gewicht und Valenz» ausführlich erklärt und gezeigt, auf welchem Wege man zur Bestimmung dieser Werte gelangt. Darauf wurden die Gesetzmässigkeiten des periodischen Systems, wie sich dieselben aus der Zusammenstellung der Elemente nach der Grösse ihrer «Atom-Gewichte», sowie ihrer «Valenz» ableiten lassen, auseinandergesetzt und die Tabelle des periodischen Systems gradatim entwickelt. Schliesslich kommen noch die für die «allgemeine Chemie» so unendlich wichtigen Consequenzen, welche sich aus dem «periodischen Systeme» ergeben, zur detaillierten Besprechung.

877. Sitzung vom Sonntag, den 17. Juni 1894

in Solothurn.

Gemeinsam mit der dortigen naturforschenden Gesellschaft.

1) Herr Th. Studer: Die Renntierstation des Schweizersbild bei Schaffhausen.
2) Herr Meisterhans: Die Entwickelung Solothurns in historischer Zeit.
3) Herr A. Rossel: Neue Methode zur Darstellung des Phosphors aus den Phosphaten der Alkalien und alkalischen Erden mittelst Aluminium als Reduktionsmittel.

878. Sitzung vom 27. Oktober 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmaceut. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 20 Mitglieder.

1) Herr A. Rossel: Neue pflanzliche Parasiten der Weinrebe und ihre Bekämpfung (siehe die Abhandlungen im Jahrgang 1895).
2) Herr Apotheker B. Studer: Walliser-Hymenomyceten (siehe die Abhandlungen im Jahrgang 1895).

879. Sitzung vom 10. November 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmaceut. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 30 Mitglieder und 7 Gäste.

1) Herr A. Baltzer: Ueber die Wüste und den Atlas bei Biskra (siehe die Abhandlungen im Jahrgang 1895).

2) Herr Th. Studer: Anpassungserscheinungen der Wüstentiere.

3) Herr A. Tschirch: Schutzmittel der Wüstenpflanzen gegen zu starke Insolation und Transpiration.

880. Sitzung vom 24. November 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmaceut. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 25 Mitglieder und 3 Gäste.

1) Anschliessend an seine Vorweisung der *Anastatica hierochuntica* in der letzten Sitzung demonstriert Prof. *L. Fischer* das hygroskopische Öffnen und Schliessen der Köpfchen der Composite *Asteriscus pygmaeus (Odontospermum pygmaeum)*, welche einen ähnlichen Verbreitungsbezirk hat, wie Anastatica und namentlich in der Gegend von Jericho häufig vorkommt. Nach neueren Nachforschungen (s. De Saulcy, Voyage en Orient 1851) soll es diese Pflanze sein, welche ursprünglich von den Pilgern des Mittelalters unter dem Namen Jericho-Rose nach Europa gebracht wurde, und es wäre diese Bezeichnung erst später auf die jetzt allgemein unter diesem Namen bekannte Anastatica übertragen worden.

2) Herr Thiessing: **Einiges über Kohlenlager im Kanton Bern.**

Seit einiger Zeit beschäftigt man sich wieder lebhaft mit der Frage, ob nicht die bernische Staatsbehörde etwas thun sollte für die Förderung des Bergbaues im Gebiet des Kantons, und infolge von Anfragen und Wünschen, die aus verschiedenen Gegenden an sie gerichtet wurden, sah sich die Staatswirtschaftskommission veranlasst, in ihrem Bericht über die Staatsverwaltung des Jahres 1893 diese Angelegenheit in der Weise zu berühren, dass Bohrungen nach Salz und Kohlen angeregt würden. Was die „Kohlenfrage" betrifft, so hatte sich Herr Dr. Thiessing schon seit längerem mit ihr beschäftigt und seine Aufmerksamkeit besonders den früher sowohl vom Staat als von Gemeinden und Privaten ausgebeuteten Steinkohlenlagern von Beatenberg und Boltigen, ohne Zweifel den ausgedehntesten des Kantons, zugewendet und glaubte nun der Naturforschenden Gesellschaft Mitteilung über das von ihm teils aus Akten, teils bei eigener Beobachtung gewonnene Material machen zu sollen. Nachdem der Vortragende die Geschichte der bernischen Kohlenausbeutung vom Ende des vorigen Jahrhunderts an bis in die fünfziger Jahre, wo dieselbe gänzlich aufgehört hat, in kurzen Zügen skizziert, gelangte er zur Untersuchung der Lager am Niederhorn und des Simmenthals. Erstere gehören der Nummulitenformation an, letztere dem obern Jura. Da stellt sich nun heraus, dass wegen der geringen Mächtigkeit und der häufigen Zusammenschnürungen der Schichten auf Beatenberg eine Wiederaufnahme der Exploitation aussichtslos wäre, und dass im Simmenthal, wo immerhin das Flöz noch grössere Quantitäten böte, der früher betriebene regellose Abbau, die häufige Abwechslung von Kohle und unbrauchbaren Zwischen-

lagern und die ungünstige Lage eine künftige Ausbeutung ebenfalls so sehr erschweren würde, dass ein Erfolg nicht zu erhoffen ist. Nur im äussersten Fall, wenn etwa durch äussere Umstände die Zufuhr ausländischer Kohlen fehlen sollte, müssten die Boltigen-Lager einen kleinen Ersatz bieten, sogar einen sehr kleinen in Anbetracht des heutigen grossen Bedarfes.

3) Herr Graf: Demonstration einiger alter astronomischer Instrumente, namentlich Sonnenuhren.

4) Herr E. Kissling macht einige Angaben über **das Kohlenlager von Frienisberg**, das im vorigen Jahrhundert ausgebeutet wurde, jetzt aber längst verschüttet ist. Nach B. Studer war dort von Süsswassermuscheln keine Spur vorhanden, auch wurde in keiner Schrift derselben erwähnt. Im Abraumschutt, in dunkelgrauen Mergeln gelang es nun aufzufinden

Planorbis laevis Klein und
Pupa quadridentata Klein,

beides obermiocäne Formen aus der Zone der Helix sylvana. Nach den Lagerungsverhältnissen besitzt jedoch die Kohle höheres Alter. Sie liegt in der unteren Abteilung des Helvétien.

881. Sitzung vom 8. Dezember 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmaceut. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 25 Mitglieder und 2 Gäste.

Demonstrationsabend.

1) Herr H. Frey: **Ueber künstliche Seide (Holzseide).**

Die Darstellungsweise der Holzseide ist eine ähnliche wie die des neuen rauchlosen Pulvers. Es wird gut gereinigte Baumwolle oder gemahlenes Holz von der Weisstanne, Rottanne, Esche oder einem andern Weichholz dem Nitrierungsprozess unterworfen. Zu diesem Zwecke erwärmt man diese Materialien in einem Gemenge von gleichen Quantitäten Schwefelsäure und Salpetersäure, wobei sich nachstehender Prozess vollzieht:

$$C_6H_{10}O_5 + 3\,HNO_3 = C_6H_7(NO_3)_3O_2 + 3\,H_2O$$

Dieses $C_6H_7(NO_3)_3O_2$ ist eine Trinitrocellulose und löst sich leicht in Essigäther, so dass man eine homogene Masse erhalten kann. Dieselbe wird nun mittelst eines Druckes von 10—12 Atmosphären durch sehr kleine Öffnungen hindurchgepresst, so dass man einen feinen Faden erhält, der sehr ähnliche Eigenschaften wie das Sekret des Seidenwurmes besitzt. Mehrere dieser Fädchen, gewöhnlich 6, werden zusammengedreht und liefern dann einen zum Weben geeigneten Faden. Derselbe wird noch durch Eintauchen in Ammoniaklösung denitriert, so dass er weniger feuergefährlich wird.

Die neue Seide unterscheidet sich von der ächten durch ihre leichte Verbrennlichkeit unter Entwicklung eines Geruches nach verbranntem Holz und ihre Unauflöslichkeit in Kalilauge, während die echte Seide nur schwer brennt, dabei nach verbrannten Haaren riecht und in Kalilauge sich gänzlich auflöst.

Die künstliche Seide, welche nur etwa halb soviel kostet wie die natürliche, rivalisiert in mancher Beziehung wie Glanz, Färbbarkeit, Griff,

mit Erfolg mit dieser, zeigt aber eine geringere Festigkeit und eine grössere Brüchigkeit und wird deshalb dieselbe nicht ersetzen können, aber in vielen Fällen als billiges Surrogat Verwendung finden.

Vorgewiesen wurde: künstliche Seide in Strängen und verwoben, sowie die Fabrikationszwischenprodukte des neuen rauchlosen Pulvers.

2) Herr Th. Steck: Schmetterlinge des indo-australischen Faunenbezirks.
3) Herr E. v. Fellenberg: Pflanzenabdrücke aus dem Carbon von Rondchamp.
4) Herr E. Brückner: Einfluss der Schneedecke auf das Klima von Davos.
5) Herr Th. Studer: Hyotherium Meisneri von der Rappenfluh bei Aarberg, von Aarwangen und Brüttelen.
6) Herr J. H. Graf: Neue Sonnenuhr.
7) Herr Dutoit: Höhle von Reclère.
8) Herr Sidler: Verkieselter Baumstamm aus Arizona.

882. Sitzung vom 22. Dezember 1894.

Abends 7½ Uhr im pharmaceut. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 22 Mitglieder und 1 Gast.

1) Herr A. Tschirch: Gedächtnisrede auf Prof. Flückiger.
2) Herr H. Kronecker: Einiges über die Bergkrankheit.

Verzeichnis der Mitglieder

der

Bernischen Naturforschenden Gesellschaft.

(Am 31. Dezember 1894.)

Die mit * bezeichneten Mitglieder wurden im Jahre 1894 neu aufgenommen.

Vorstand.

Prof. Dr. *Ed. Fischer,* Präsident vom 1. Mai 1894 bis 30. April 1895.
Prof. Dr. *G. Huber,* Vicepräsident.
B. Studer, jun., Apotheker, Kassier seit 1875.
Dr. *E. Kissling,* Sekretär seit 1892.
Prof. Dr. *J. H. Graf,* Redaktor der Mitteilungen seit 1883 und Oberbibliothekar seit 1889.
Dr. *E. Kissling,* Unterbibliothekar seit 1888.
Dr. Th. Steck, Geschäftsführer des Lesezirkels.

Mitglieder.

1.	*Anderegg,* Ernst, Dr. phil. und Gymnasiallehrer, Bern	1891
2.	*Andreæ,* Philipp, Apotheker, Bern	1883
3.	*Badertscher,* Dr. A., Sekundarlehrer, Bern	1888
4.	*Balmer,* Dr. Hans, Privatdocent, Bern	1886
5.	*Baltzer,* Dr. A., Professor der Mineralogie und Geologie, Bern	1884
6.	*Baumberger,* Ernst, Sekundarlehrer in Twann	1890
7.	*Beck,* Dr. Gottl., Vice-Direktor des Freien Gymnasiums, Bern	1876
8.	*v. Benoit,* Dr. jur. G., Bern	1872
9.	*Benteli,* A., Rektor und Docent, Bern	1869
10.	*Benteli,* A., V. D. M., Bern	1891
11.	*Berdez,* H., Professor an der Tierarzneischule, Bern	1879
12.	*Berlinerblau,* Dr. J., Fabrikdirekt. in Sosnowice (Russ.-Polen)	1887
13.	**Bochicchio,* N., Prof., R. Scuola d'Agricultura, Brescia	1894
14.	*v. Bonstetten,* Dr. phil. August, Bern	1859
15.	*Bourgeois,* Dr. med. E., Arzt, Bern	1872
16.	*Brückner,* Dr. Ed., Prof. der Geographie, Bern	1888
17.	*Brunner,* C., Dr. phil., Trautsohngasse 6, Wien	1846
18.	*Büchi,* Fr., Optiker, Bern	1874
19.	*v. Büren,* Eug., allié von Salis, Sachwalter, Bern	1877
20.	*Bützberger,* F., Dr. phil., Lehrer am Technikum Burgdorf	1893
21.	*Cherbuliez,* Dr. Direktor, Mülhausen	1861

22. *Coaz,* eidgenössischer Oberforstinspektor, Bern . . . 1875
23. *Conrad,* Dr. Fr., Arzt in Bern 1872
24. *Cramer,* Gottl., Arzt in Biel 1854
25. *Dick,* Dr. Rud., Arzt in Bern 1876
26. *Drechsel,* Prof. Dr., Bern 1892
27. *Droz,* Arnold, Kantonsschullehrer in Pruntrut . . . 1890
28. *Dubois,* Dr. med., Arzt, Privatdocent, Bern . . . 1884
29. *Dumont,* Dr. med. F., Arzt, Privatdocent, Bern . . . 1890
30. *Dutoit,* Dr. med., Arzt in Bern 1867
31. *Eggenberger,* J., Dr. phil., Könitzstrasse 32 1892
32. *Epstein,* Dr. phil., Bern 1893
33. *Engelmann,* Dr., Apotheker in Basel 1874
34. *v. Fellenberg,* Dr. phil. E., Bergingenieur, Bern . . . 1861
35. *Fischer,* Dr. phil. Ed., Professor der Botanik, Bern . . 1885
36. *Fischer,* Dr. L., Professor der Botanik, Bern . . . 1852
37. *Frey,* Dr. H., Gymnasiallehrer und Privatdocent, Bern . 1889
38. *Frey,* Dr. Rob., Arzt in Rubigen 1876
39. *v. Freudenreich,* Dr. E., Bern 1885
40. *Fuchs,* U., Pfarrer in Unterseen 1891
41. **Fueter-Schnell,* Apotheker, Obstberg, Bern 1894
42. *Gerber,* Paul, Dr. phil., Apotheker, Bern 1893
43. *de Giacomi,* J., Dr. med., Arzt und Privatdocent, Bern . 1889
44. *Girard,* Prof. Dr. med., Arzt in Bern 1876
45. *Glur,* J. G., Dr. phil., Bern 1890
46. *Gosset,* Philipp, Ingenieur, Wabern bei Bern . . . 1865
47. *Graf,* Dr. J. H., Professor der Mathematik, Bern . . 1874
48. *Gressly,* Alb., Oberst, Maschinen-Ingenieur, Bern . . 1872
49. *Grimm,* J., Präparator, Bern 1876
50. *Gruner,* Dr. Paul, Gymnasiallehrer, Bern . . . 1892
51. *Guillaume,* Dr. L., Direkt. des eidgen. statist. Bureaus, Bern 1892
52. *Guillebeau,* Professor Dr., Bern 1878
53. *Haaf,* C., Droguist, Bern 1857
54. *Haas,* Dr. med, Sigismund, Arzt in Muri b. Bern . . 1890
55. *Hafner,* René, Apotheker in Biel 1891
56. *Hasler,* Dr. phil. G., Dir. d. Telegraphen-Werkstätte, Bern 1861
57. *Held,* Leon, Ingenieur, Bern 1879
58. *Hess,* E., Professor an der Tierarzneischule, Bern . . 1883
59. *Holzer,* Ferd., Lehrer in Oberwyl bei Büren . . . 1890
60. *Huber,* Dr. G., Professor der Mathematik, Bern . . . 1888
61. *Huber,* Rud., Dr. phil., Gymnasiallehrer, Bern . . . 1891
62. *Jenner,* E. Entomolog, hist. Museum, Bern 1870
63. *Jonquière,* Dr., Professor der Medicin, Bern . . . 1853
64. *Jonquière,* Dr. med. Georg, Arzt in Bern 1884
65. *Jonquière,* Dr. phil. Alf., Bern 1884
66. *Käch,* P., Sekundarlehrer in Bern 1880
67. *Kaufmann,* Dr., Sekretär des schweizerischen Industrie-departements, Bern 1881
68. *Kaufmann,* Alfr., Dr. phil. und Gymnasiallehrer, Bern . 1886
69. *Kesselring,* H., Lehrer an der Sekundarschule in Bern . 1870
70. *Kissling,* Dr. E., Sekundarlehrer und Privatdocent, Bern . . 1888
71. *Kobi,* Dr., Rektor der Kantonsschule Pruntrut . . . 1878
72. *Kocher,* Dr., Professor der Chirurgie, Bern . . . 1872

73. *Koller,* G., Ingenieur, Bern 1872
74. *König,* Dr. Emil, Arzt in Bern 1872
75. *König,* Emil, Dr. phil., Gymnasiallehrer, Bern . . . 1893
76. *Körber,* H., Buchhändler in Bern 1872
77. *Kraft,* Alex., Besitzer des Bernerhofs, Bern . . . 1872
78. *Krebs,* A., Seminarlehrer in Bern 1888
79. *Kronecker,* Dr. H., Professor der Physiologie, Bern . . 1884
80. *Kummer,* Dr. med. J., Arzt in Aarwangen . . . 1890
81. *Langhans,* Fr., Lehrer am städt. Progymnasium, Bern . 1872
82. *Lanz,* Dr. Em., Arzt in Biel 1876
83. *Leist,* Dr. K., Lehrer an der Sekundarschule, Bern . . 1888
84. *Lesser,* Ed., Dr., Prof. der Dermatologie, Bern . . 1893
85. *Lindt,* Dr. med. Wilh., Arzt in Bern. 1854
86. *Lindt,* Dr. med., W. jun., Arzt und Docent, Bern . . 1888
87. **Lory,* C. L., Rentier, Zürich 1894
88. *Lütschg,* J., Waisenvater, Bern 1872
89. *Marckwald,* Dr. Max, Bonn a. Rh. 1889
90. *Marti,* Christian, Sekundarlehrer in Nidau . . . 1889
91. *Marti,* Lehrer a. d. N. Mädchenschule, Bern . . . 1892
92. *Moser,* Dr. phil. Ch., Privatdocent, Bern 1884
93. *Moser,* Friedrich, Schreinermeister, Bern 1877
94. *Müller,* Emil, Apotheker in Bern 1882
95. *Müller,* Professor Dr., P., in Bern 1888
96. *Müller,* Max, Dr. med., Bern 1893
97. *Münger,* F., Dr. phil., Sekundarlehrer, Steffisburg . . 1892
98. *v. Mutach,* Alfr., von Riedburg, Bern 1865
99. *Mützenberg,* Dr. med. Ernst, Spiez 1885
100. *Nanni,* Dr. Wilh., Arzt in Mühleberg 1890
101. *Nicolet,* L., Pharmacien, St. Imier 1892
102. *Niehans-Bovet,* Dr. med., Arzt in Bern 1870
103. *Pfister,* J. H., Mechaniker in Bern 1871
104. *Pflüger,* Dr. Professor, Bern 1889
105. *Prêtre,* Henri, Progymnasiallehrer in Delsberg . . . 1890
106. *Pulver,* E., Apotheker in Interlaken 1890
107. *Pulver,* Fried., Apotheker in Bern 1876
108. *Pulver,* G., Sekundarlehrer in Wiedlisbach . . . 1891
109. *Ris,* Lehrer der Physik am städt. Gymnasium . . . 1869
110. *Rollier,* L., in Zürich-Fluntern 1890
111. *Rossel,* A. Dr., Professor der Chemie, Bern . . . 1893
112. *Rothen,* Dr. phil., internationaler Telegraphendirektor, Bern 1872
113. *Rothenbach,* Alfr., Gasdirektor in Bern 1872
114. *Rubeli,* Dr. O., Professor an der Tierarzneischule, Bern . 1892
115. *Sahli,* Professor Dr. H., in Bern 1875
116. *Santi,* Dr. med. Aug., Arzt in Bern 1890
117. *Schällibaum,* Dr. H., Arzt in Sils-Maria 1889
118. *Schärer,* Dr. med. Ernst, Bern 1885
119. *Schaffer,* Dr., Kantonschemiker und Docent, Bern . . 1878
120. *Schenk,* Dr. Karl, Bundesrat, Bern 1872
121. *Schlachter,* Dr., Lehrer an der Lerberschule, Bern . . 1884
122. *Schmid,* Dr. W., Major im Generalstab, Bern . . . 1891
123. *Schmidt,* F. W., Dr. phil., Assistent am chem. Laboratorium, Bern 1893

124. **Schönenberger,* eidgen. Forstadjunkt 1894
125. *Schuppli,* M., Direktor der N. Mädchenschule, Hilterfingen 1870
126. *Schwab,* Alfr., Banquier in Bern 1873
127. *Schwab,* Sam., Dr. med., Bern 1885
128. *Schwarz-Wälly,* Commandant, Bern 1872
129. *Sidler,* Dr., Professor der Astronomie, Bern . . . 1872
130. *Stähli,* F., Dr. phil., Gymnasiallehrer in Burgdorf . . 1893
131. *Steck,* Th., Dr. phil., Conservator am Naturhist. Museum, Bern 1878
132. **Steiger,* Alb., Dr. phil., Bern 1894
133. *Stooss,* Dr. med. Max, Arzt in Bern 1883
134. *Strasser,* Dr. Hans, Professor der Anatomie, Bern . . 1872
135. *Stucki,* Fr., Sekundarlehrer in Wangen a. A. . . . 1890
136. *Stucki,* G., Sekundarlehrer in Bern 1890
137. *Studer,* Bernhard, sen., Bern 1844
138. *Studer,* Bernhard, Apotheker, Bern 1871
139. *Studer,* Dr. Theophil, Professor der Zoologie, Bern . . 1868
140. *Studer,* Wilhelm, Apotheker in Bern 1877
141. **Tambor,* J., Dr. phil., Chem. Laboratorium, Bern . . 1894
142. *Tanner,* G. H., Apotheker in Bern 1882
143. *Tavel,* Professor Dr. E., Bern 1892
144. *Thiessing,* Dr., Redaktor, Bern 1867
145. *v. Tscharner,* Dr. phil. L., Oberstlieutenant, Bern . . 1874
146. *v. Tscharner-de Lessert,* Oberstlieutenant, Bern . . 1878
147. *Tschirch,* Dr. A., Professor der Pharmakognosie in Bern . 1890
148. *Tschumi,* Dr., Lebensmittelinspektor, Bern 1890
149. *Valentin,* Professor Dr. med. Ad., Arzt in Bern . . 1872
150. *Volz,* Wilhelm, Apotheker in Bern 1887
151. *Wäber-Lindt,* A., Bern 1864
152. *Wander,* Dr. phil., Chemiker, Bern 1865
153. *Wagner,* Karl, cand. phil., Enge-Zürich 1892
154. **Walthard,* Max, Dr. med., Arzt in Bern 1894
155. *Wanzenried,* Sekundarlehrer in Grosshöchstetten . . 1867
156. *Wartmann,* Apotheker in Biel 1891
157. *v. Wattenwyl-v. Wattenwyl,* Jean, Gemeinderat, Bern . . 1877
158. *Weingart,* J., Sekundarlehrer in Bern 1875
159. *Wüthrich,* Dr. phil. E., Direktor der Molkereischule Rütti . 1892
160. *Wyss,* Dr. G., Buchdrucker in Bern 1887
161. *Wyttenbach-v. Fischer,* Dr., Arzt in Bern 1872
162. *de Zehender,* Marq., Ingenieur, Bern 1874
163. *Zeller,* R., Geolog, Bern 1893
164. *Ziegler,* Dr. med. A., eidgen. Oberfeldarzt, Bern . . 1859
165. *Zumstein,* Dr. med. J. J., in Marburg 1885
166. *Zwicky,* Lehrer am städt. Gymnasium, Bern . . . 1856

Im Jahre 1894 ausgetreten:

Bannwarth, Emil, Prosektor an der Anatomie, Bern . . . 1891
Bindy, Joseph, Curé à Vermes (Jura-bernois) 1890
Dmitrenko, Frl. E., stud. phil., Bern 1887
Geering, Dr. T., Chef des eidg. Handelsdepartements. . . 1889
Rüefli, Sekundarlehrer in Bern 1890
Schärtlin, Dr., Chef im eidgen. Versicherungsamt in Bern . . 1888

Im Jahre 1894 verstorben:

Christeller, Dr. med., Bordighera 1870
Flückiger, Prof. Dr., Bern 1853
Markusen, Johann, Prof. Dr., Bern 1889
Custer, Dr., in Aarau 1850

Korrespondierende Mitglieder:

1. *Biermer,* Dr. Professor in Breslau 1861
2. *Flesch,* Dr. M., Arzt in Frankfurt 1882
3. *Gasser,* Dr. E., Professor der Anatomie in Marburg . . 1884
4. *Gelpke,* Otto, Ingenieur in Luzern 1867
5. *Graf,* Lehrer, in St. Gallen 1858
6. *Grützner,* Dr. A., Prof. in Tübingen 1881
7. *Hiepe,* Dr. Wilhelm, in Birmingham 1874
8. *Imfeld,* Xaver, Topograph in Hottingen 1880
9. *Krebs,* Gymnasiallehrer in Winterthur 1864
10. *Landolf,* Dr., in Chili 1881
11. *Lang,* Dr. A., Professor in Zürich 1876
12. *Leonhard,* Dr., Veterinär in Frankfurt 1870
13. *Lichtheim,* Professor in Königsberg 1881
14. *Lindt,* Dr. Otto, Apotheker in Aarau 1866
15. *Metzdorf,* Dr. Professor der Vet.-Sch. in Proskau, Schlesien 1870
16. *Petri,* Dr. Ed., Prof. der Geographie in St. Petersburg . 1883
17. *Pütz,* Dr. H., Professor der Vet.-Med., Halle a. S. . . 1870
18. *Regelsperger,* Gust., Dr., rue la Boétie 85, Paris . . 1883
19. *Rothenbach,* Lehrer am Lehrerseminar in Küssnacht . . 1871
20. *Rütimeyer,* Dr. L., Professor in Basel 1853
21. *Schiff,* Dr. M., Professor in Genf 1856
22. *Wälchli,* Dr. med. D. J., Buenos Ayres 1873
23. *Wild,* Dr. Professor, in St. Petersburg 1859

Auszug

aus der

Jahres-Rechnung der bernischen Naturforschenden Gesellschaft.

1893

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr.	676. 20
Jahres-Beiträge	„	1,400. —
Eintrittsgelder	„	50. —
Zinse	„	100. 45
Verkauf von Mitteilungen	„	20. —
	Fr.	2,246. 65

Ausgaben.

Mitteilungen	Fr.	1,090. 35
Sitzungen	„	110. —
Bibliothek	„	180. 65
Lesezirkel	„	162. 70
Verschiedenes	„	267. 30
	Fr.	1,811. —

Bilanz.

Die Einnahmen betragen	„	2,246. 65
Die Ausgaben betragen	„	1,811. —
Es ergibt sich demnach ein Activ-Saldo von	Fr.	435. 65

Vermögensetat.

Das Vermögen der Naturforschenden Gesellschaft besteht auf 31. Dec. 1893 in

a. einer Obligation der eidgenössischen Bank	Fr.	1,000. —
b. dem Reservefonds auf der Hypothekarkasse	„	528. 55
c. dem Activ-Saldo obiger Rechnung	„	435. 65
	Fr.	1,964. 20

Auf 31. Dec. 1892 betrug das Vermögen	Fr.	2,204. 75
Auf 31. Dec. 1893 beträgt dasselbe	„	1,964. 20
Es ergibt sich demnach eine Verminderung von	Fr.	240. 55

Reservefonds

ist im Rechnungsjahr unverändert geblieben mit . . Fr. 1528. 55

Der Kassier: **B. Studer**, Apoth.

Gottfried Glur.

Beiträge zur Fauna der Pfahlbauten.

I. Teil.

Die Tierwelt von Font.

Die Pfahlbaustation von Font, am Neuenburgersee, welche der jüngeren Steinzeit angehört, wurde im Jahre 1883 von Ferdinand Beck in Neuenburg ausgebeutet und gelangte unlängst in den Besitz des Museums für Naturgeschichte in Bern.

Es ist mir die Aufgabe geworden, jene Ausbeute im Sinne einer kurzen Aufzählung und Betrachtung der aufgefundenen Tierreste zu bearbeiten. Ich hielt mich dabei an die klassischen Arbeiten Rütimeyer's und Studer's in den «Neuen Denkschriften» der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften 1862, Band 19, und in den «Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern» aus dem Jahre 1882.

In dieser Arbeit sind nicht behandelt die Überreste des Menschen und die der Hunde, welche schon von Studer bearbeitet sind. Der erste Teil bringt eine Übersicht der erhaltenen Fauna von Font, der zweite und dritte eine Beschreibung des gesamten Knochenmaterials von westschweizerischen Schafen und Ziegen der Pfahlbauten, das in reichster Fülle im Berner Museum aufgestapelt ist. Font hat uns im Ganzen geliefert: Reste von 5 Haustieren und von 11 wilden Tieren, sowie einem Vogelknochen.

Die Haustiere sind die bekannten Rinderrassen, Ziege, Schaf, Schwein und Hund, wie sie bis jetzt in jedem Pfahlbau aus dieser Zeit gefunden werden. Die übrigen wilden Tiere sind nur um eines, nämlich einen Vogel, den Pelikan, für die Pfahlbauten vermehrt worden. Die Anwesenheit des Ur, Edelhirsch,

Reh, Wildschwein, Bär, Dachs, Fischotter, Iltis, Wolf, Fuchs, Biber ist stets in besseren oder schlechteren Erhaltungszuständen der Knochen bewiesen worden. Ich betrachte zuerst, als für den damaligen wie heutigen Menschen am wichtigsten, die Wiederkäuer.

Bos primigenius Boj. *der Ur.*[1])

Ein in der Periode des Steinalters über die ganze Schweiz verbreitetes Wild.

Wenn den Berichten Heberstain's Folge gegeben werden soll, so kam derselbe im sechszehnten Jahrhundert noch in Lithauen vor.

Ich kann denselben nicht besser charakterisieren als mit Cuvier's Worten:

Le contour général du frontal, sa concavité, la courbe rentrante qui le termine vers le haut et qui s'étend comme une arête d'une corne à l'autre, l'angle aigu que la face frontale fait avec la face occipitale, la circonscription de celle-ci, la fosse temporale sont absolument dans ces cranes comme dans le taureau.

Den Pfahlbauern brachten die massiven Knochen des Urs keinen Nutzen, sie zerschlugen sie zur Gewinnung des Markes, weshalb meist nur die kurzen Knochen sich intakt vorfinden.

Von diesem gewaltigen Wilde wurde in Font ein Fragment des linken Hornzapfens zu Tage gefördert, sein oberer Teil ist stark abgewittert, so dass die grossen inneren Hohlräume frei liegen, seine Länge der hinteren Krümmung nach gemessen beträgt immerhin noch 55 cm. Da wo der obere Teil abbröckelt, ist der Umfang noch 22,3 cm. gross. Ich nehme an, dass die ursprüngliche Länge noch ein Mal so gross war, wie das Fragment, so dass wir da ein Tier von respektabler Grösse annehmen dürfen. Andere Teile des Schädels sind nicht nachzuweisen. Von übrigen Knochen finden sich zwei Epistrophei von folgenden Demensionen:

	Exemplar 1	Exemplar 2
Volle Länge mit Zahnfortsatz und Hypapophyse	162	152
Volle Länge ohne Zahnfortsatz und Hypapophyse	126	121
Geringste Länge des Bogens	72	72
Länge der Basis des Dornfortsatzes	91	95

[1]) Wrzesmowski, Studien zur Geschichte des polnischen Tur. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 30. Band.

Breite der forderen Gelenkfläche	132	126
Breite der Basis des Zahnfortsatzes	62	58
Spannweite zwischen dem Querfortsatz	158	—
„ „ den Gelenkfortsätzen	—	—
Volle Höhe der vordern Gelenkfläche	75	69
„ „ des Wirbels hinten	190	177
Höhe des Dornfortsatzes über dem Bogen hinten	82	79
Höhe des Körpers hinten	83	71
Hintere Öffnung des Markkanals quer	37	32
„ „ „ „ vertikal	38	33

Beide sind kleiner wie der von Rütimeyer beschriebene Epistropheus von Moosseedorf, dessen volle Länge 168 mm. beträgt.[1]) Das zweite Exemplar dürfte, seiner geringen Grösse wegen, vielleicht der zahmen Primigeniusform angehört haben, dafür scheint mir aber die Consistenz der Knochensubstanz zu hart und die scharf ausgeprägten Muskelansätze für ein domesticiertes Tier zu stark ausgebildet zu sein.

Es reiht sich an eine linke Scapula von gleichen Verhältnissen, wie die bekannte, an einen geräucherten Schinken erinnernde, aus der Uhlmann'schen Sammlung, jetzt im hiesigen Museum, mit der verharrschten Speer- oder von einer im Kampfe mit einem andern Urochsen erhaltenen Verletzung. Die Crista Scapulae ist teilweise abgebrochen, auch die Winkel sind schon ziemlich abgebröckelt; der Hals und Gelenkteil, mit seinen rauhen, höckerigen Muskelansätzen, blieb ganz intakt. Die Glenoidalgrube ist wenig konkav. Die Maasse dieses gewaltigen Schulterblattes sind folgende:

Grösste Länge	49	mm.
„ Breite	25	cm.
Breite des Halses	8	»
Umfang des Halses	19,5	»
Breite der Gelenkgrube	7	»
Länge „ „	7,5	»

Diese Zahlen stimmen ganz mit der in Moosseedorf gefundenen überein.

Als letztes Knochenfragment von Ur fand sich die untere, gespaltene und zerschmetterte Epiphyse einer rechten Tibia. Das Knochengewebe hat hier eine elfenbeinharte Beschaffenheit; von blossem Auge

[1]) Rütimeyer, Die Fauna der Pfahlbauten.

lässt sich nicht die geringste Struktur daran erkennen. Ihre Muskelleisten und Ansätze sind stark ausgeprägt und sehr rauh. Die Breite der Epiphyse beträgt 88 mm., die grösste Dicke 65, die Knochenrinde um den Markkanal ist allein 10—15 mm. dick. Der Letztere ist in die Breite oval. Dieser zertrümmerte, wahrhaft «eiserne» Knochen ist ein beredtes Zeugnis für die Tüchtigkeit der gemeinhin als sehr unvollkommen geschilderten Steinaxt.

Vom wilden Urstier gehe ich über zu dem an die «Krippe gebundenen» Bos taurus Rasse Primigenius.[1])

Seine Charakteristik ist nach Rütimeyer kurz folgende:

Die Stirn ist etwas länger als breit, vollkommen flach. Die Occipitalfläche steht im rechten Winkel zur Stirn. Die Hinterhauptskante tritt etwas hinter die Hornansätze vor und ist in der Mitte schwach ausgebuchtet; der Frontalwulst ist sehr hoch. Die Hornzapfen sind ungestielt und die Hörner erheben sich von ihrer Wurzel an continuierlich und stark über die Stirnfläche; sie krümmen sich dabei erst nach hinten und aussen, so dass die Höhe der Krümmung stark, doch nicht in dem Grade wie bei Trochoceros, hinter die Occipitalkante fällt; von da krümmt sich das Horn rasch nach vorn und oben, sodass die Spitzen sehr hoch und senkrecht über der Stirnfläche stehen. Die Hornzapfen sind an der Basis deprimiert, aber geringer als bei Trochoceros. Das ganze Profil des Schädels ist fast geradlinig.

Vom zahmen Primigenius findet sich in Font vor allem aus ein Hirnschädel mit abgebrochenen Hornzapfen, dessen Maasse in Kürze olgende sind:

Hinterrand der Augenhöhle bis hinterer Umfang der Hornwurzel	160	mm.
Länge des Stirnbeins in der Mittellinie	210	»
Höhenlinie vom Hinterrand des Foramen magnum bis Hinterrand des Stirnbeins	147	»
Grosse Querlinie des Hinterhaupts am Ohrhöcker	175	»
Kleine Querlinie des Hinterhaupts am inneren Umfang der Schläfeneinschnitte	112	»
Stirnenge	153	»
Stirnbreite	191	»
Umfang der Hornbasis	130	»
Grösster Durchmesser derselben	55	»

[1]) Rütimeyer, Natürliche Geschichte des Rindes.

Zu dieser Rasse gehören ferner noch zwei linkseitige Hornzapfen, die folgendes ergeben:

Länge längs der hinteren Krümmung	35,5 40	cm.
„ in gerader Linie	24,5 26,5	»
Umfang der Basis	21,5 22	»
Grösster Durchmesser derselben	7,5 7	»

In ihrer Consistenz sind diese Hornzapfen weicher und maschiger als bei dem geschilderten wilden Primigenius.

Zwei zusammen gehörende Unterkieferhälften kann man hierher rechnen, oder man geht vielleicht auch nicht fehl, sie mit einer wilden Primigeniuskuh in Zusammenhang zu bringen. Ich erachte es deshalb für die weitere Kritik angezeigt, hier ganz ausführliche Maasse zu geben und die Maasse des von Rütimeyer beschriebenen Urochsenunterkiefers von Moosseedorf, der im Berner Museum aufbewahrt wird, daneben zu setzen.

	Font	Moosseedorf
1. Länge vom Kieferwinkel bis Incisivrand	470	(465—470) mm.
2. Länge vom hinteren Ende der Zahnreihe bis Incisivrand	297	340
3. Länge der Symphyse	92	110
4. Höhe hinter Molar 3	81	70
5. Höhe vor Prämolar 3	44	43
6. Höhe hinter der Symphyse	36	34
7. Länge der Backzahnreihe	165	170
8. Distanz von Prämolar 3 bis Incisivrand	151	170
9. Quere Ausdehnung des Incisivrandes	—	84
10. Länge von Molar 3	44	49
11. Breite von Molar 3	17	20
12. Länge von Molar 2	31	31
12b. Breite von Molar 2	18	20
13. Länge von Molar 1	20	(26)
14. Länge von Prämolar 1—3	56	60

Am auffallendsten sind die Differenzen in der Länge der Symphyse und die Distanz vom dritten Prämolar bis zum Incisivrande. Für den Ur spricht die Länge und Schlankheit der Lade, welche zahlreiche Spuren von Hieben einer Steinaxt trägt.

Eine besondere Form der Primigeniusrasse ist Bos taurus *trochoceros* H. v. Mejer.[1])

[1]) **Rütimeyer**, Natürliche Geschichte des Rindes.

Die Stirn ist nach allen Richtungen stark gewölbt und im Verhältnis zum gesamten Schädel etwas länger als bei der Stammrasse. Die Hörner sind horizontal oder etwas nach abwärts gerichtet und gehen nur schwach nach vorn gekrümmt im rechten Winkel zur Achse vom Schädel ab. Die Hornzapfen sind deutlich gestielt und mit sehr derben und reichlichen Längsfurchen versehen. Das Gesicht erscheint in seinem maxillaren Teile breiter und gewölbter. Die Nasenbeine sind länger, breiter und schwächer gewölbt, sie ragen weit über die Nasenöffnung vor. Wie die Nase nach vorn, so neigt sich die Stirn nach hinten, abwärts. Das Hinterhaupt ist mehr in die Quere gedehnt, die ganze Occipitalfläche ist überdies etwas nach vorn geneigt. Von dieser Form ist das hintere Stirnstück mit zwei prächtigen, nach vorn gekrümmten Hornzapfen, vorhanden. Es zeigt die Trochocerosform noch nicht stark ausgebildet, doch sind deutliche Merkmale vorhanden, die es rechtfertigen, dass ich das Schädelstück nicht zur Primigeniusrasse hingestellt habe. Die Maasse ergeben:

Distanz der Spitzen der Hornzapfen	54	cm.
Umfang der Hornbasis	20	»
Länge längs der Krümmung	32	»
Direkte Länge	24	»
Grösster Durchmesser	7,5	»
Stirnenge	15,9	»
Kleine Querlinie des Hinterhaupts	14,4	»

Merkwürdig ist, dass die meisten Stirnstücke mit aufsitzenden Hörnern knapp vom Hirnschädel abgeschlagen sind, wie wenn sie zum Aufhängen als Trophäe extra zugerichtet worden wären.

Bos taurus brachyceros. *Rütimeyer.*[1])

Die Torfkuh hat schon von den ältesten Zeiten der neolithischen Ära an ihre Spuren in Europa hinterlassen, sie ist von den eben genannten zwei Rinderarten sowohl in ihrem Habitus und Skelettbau durch wesentliche Merkmale verschieden. Nach Rütimeyer bestehen die äusserlichen Züge des Schädels in der sehr unregelmässig welligen Stirn, dem kurzen und steilen Occipitalwulst, den grossen, stark gewölbten und stark nach aussen gerichteten Augenhöhlen, den kurzen dicht angesetzten und stark gebogenen Hörnern, dem kurzen und stumpfen Gesichtsschädel mit ausgedehnter Backzahnreihe, allein schlanken Incisiven.

[1]) Rütimeyer, Natürliche Geschichte des Rindes.

Die Rasse ist in dieser Station durch einen oberen Stirnteil mit den Hornzapfen vertreten, von welchen der linke merkwürdig nach hinten verdreht ist, der rechte dagegen sich regelmässig nach vorn krümmt. Es lassen sich an diesem Fragmente einige Dimensionen bestimmen, wie folgt:

Länge längs der grossen Curvatur	210 mm.
Direkte Länge	153
Umfang der Hornbasis	150
Grösster Durchmesser derselben	55
Stirnenge circa	155
Querlinie zwischen den Schläfeneinschnürungen	122

Von Unterkiefern ermittelte ich vier Hälften. Rütimeyer nennt die Mandibel in ihrer ganzen Ausdehnung schlank, der aufsteigende Ast fast vertikal, der horizontale Ast niedrig, vom Winkel an fast gradlinig und nur sehr allmählig nach vorn ansteigend, Lade und Symphyse kurz, der Incisivteil schmal und schlank. Ich gebe folgende Maasse nach der Reihenfolge von Seite 5:

1.	340—360 mm.
2.	229—247
3.	52— 79
4.	67— 75
5.	36— 37
6.	24— 30
Molarlänge	84— 91
Prämolarlänge	47— 53
8.	ca. 113

Zur Torfkuh gehören ferner ein Metacarpale und vier Metatarsalia, ihre Kleinheit und Gracilität kennzeichnet sie sofort. Sie haben untenstehende Maasszahlen:

	Metacarp.	Metatars.
Länge	200	202—224 mm.
Breite der oberen Epiphyse	68	41— 44
» » unteren »	66	47— 49
» » Diaphyse	37	23— 25

Man muss sich nur nicht vorstellen, diese Rinderrassen seien in ihren Skeletteilen stets rassenrein auf uns gekommen, im Gegenteil findet man Schädel, welche sowohl Primigenius- als auch Brachyceros-Merkmale in sich vereinigen und die völlige Mischformen dar-

stellen. Studer[1]) beschreibt mehrere solche Fälle aus Pfahlbauten am am Bielersee. Auch in Font trifft man solche Mischformen. Ein fast vollständiger Schädel mit abgeschlagenem Stirnteil ist dazu zu rechnen. Als Vergleichsmaterial diente mir der von Studer beschriebene, aus Lattrigen stammende Schädel, der im hiesigen Museum aufbewahrt wird. Ich habe zur Vergleichung die Maasse der drei Haupttypen daneben gesetzt, wie sie Rütimeyer angibt.

	Font	Primigenius	Trochoceros	Brachyceros
1. Schädellänge vom vordern Rand Foramen mgn. an	100	100	100	100 mm.
2. Schädellänge v. Crista occipitalis an	—	111,5	117,4	112,1
3. „ „ „ „ „ bis Nasalia	—	49,8	59,4	51,5
4. Schädellänge vom Hinderrand der Hornbasis bis Hinderrand der Augenhöhle	—	36,9	39,6	34,3
5. Länge der Nasenbeine	34,7	42	—	39,4
6. Gaumenlänge	62,6	62,4	62,4	62,6
7. Spitze der Intermaxilla bis Mitte hinter Molar 3	60,5	50,3	60,4	61,6
8. Spitze der Intermaxilla bis Mitte vor Prämol. 3	43,2	31,6	30	30,7
9. Länge der Zahnreihe	28,3	28,9	28,4	30,6
10. „ „ Intermaxilla	33,3	33,4	38,8	34,3
11. Stirnbreite zwischen den Hornansätzen	—	41,6	39,8	38,9
12. Stirnbreite zwischen den Schläfen	37,6	38,2	41,3	37,6
13. „ „ „ Augenhöhlen	48,9	48	48,2	49,5
14. Gesichtsbreite am Tuber maxillare	35,2	34,1	32,6	35,8
15. Occiputhöhe über Unterrand Foramen mgn.	—	34,7	32,1	36,3
16. Occiput, grösste Breite, Ohrhöcker	48,9	48	48,9	47,3
17. Occiputbreite zwischen den Hornansätzen	—	36,8	40,2	36,2
18. Occiputbreite zwischen d. Schläfen gemessen	—	30,6	30,8	29,4

[1]) Th. Studer, Die Tierwelt in den Pfahlbauten des Bielersee's. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft. Bern 1882.

Ähnlichen Rindern, die keiner bestimmten Rasse zugeteilt werden können, gehören noch 6 Unterkiefer an, ihre Maasse in der Reihenfolge der Seite 5 sind folgende:

1.	370—410 mm.	5.	31— 36
2.	255—270	6.	25— 31
3.	70— 80	7.	131—143
4.	67— 75	8.	120—130

Von andern Knochen des Rindes sind zwei wohlerhaltene Femora, ein rechter und ein linker, anzugeben; nach der Rütimeyer'schen Methode gemessen, ergeben sie:

	Rechter	Linker
Grösste quere Ausdehnung des obern Kopfes	111	— mm.
Durchmesser des Gelenkkopfes	41	43
Querdurchmesser direkt unter der Epiphyse	61	61
Distanz vom Gipfel des Trochanter minor zur Fovea ligamenti teretis	82	78
Breite des unteren Kopfes zwischen den Condyli,		
Länge der Kniescheibe	57	57
Breite derselben	42	43

Eine obere Hälfte einer Tibia misst:

Breite der oberen Gelenkfläche	77
„ „ äusseren Gelenkgrube	39
„ „ inneren „	30

Eine ganze Sammlung Unterkieferhälften, vom saugenden Kälbchen an, bis zum halberwachsenen Rinde, in allen Phasen des Zahnwechsels; sowie eine Menge teils bearbeiteter, teils zugeschliffener Rippen kann ich nicht einzeln behandeln, es würde zu weit führen. Wie wir demnächst noch sehen werden, sind die Reste des Rindes neben denen des Hirsches die zahlreichsten. Haustier und Jagdwild halten sich in dieser wie in allen andern Stationen der jüngeren Steinzeit noch das Gleichgewicht.

Cervus elaphus L., der Edelhirsch

beweist, dass er auch am Neuenburgersee, wie in der alten Steinzeit stets noch ein beliebtes, sogar unentbehrliches Jagdtier war. Unentbehrlich aus den Gründen, weil nicht nur von seinem Geweih, sondern auch von seinen Knochen Werkzeuge aller Art gefertigt wurden. Er war dem jüngeren Steinmenschen neben dem Rinde das nützlichste Tier. Seine Geweihe sind von Font in vielen Exemplaren vom Spiesser bis 14 und 16 Ender auf uns gekommen. Es befindet sich darunter das

Geweih eines vollständigen Kümmerers in Form eines Hackens von ca. 12 cm. Der Spross ist zugehauen und mag vielleicht als Aufhängehacken gedient haben. Die Geweihe zeigen in ihrer Stärke und Gedrungenheit die Charaktere der Berghirsche, wie alle vom Bielersee, nämlich die Tendenz sehr frühe Kronen zu bilden. Rütimeyer nennt Schädelstücke vom Hirsch in allen Sammlungen auffallend spärlich. Font lieferte uns 4 Hirnschädel mit ansitzenden Rosenstöcken.

Ihre Maasse sind folgende:

	1	2	3	4	
Höhe des Occiput über dem unteren Rand des Foramen magn.	87	89	—	—	mm.
Grösste Breite der Occipitalfläche	136	—	138	—	
Stirnbreite über den Augenhöhlen	128	—	—	—	
Stirnbreite zwischen den Supraorbitalgruben	81	—	—	—	
Breite zwischen den Suturae temporo-parietales	105	101	107	104	
Occipitalwulst bis Stirnhöhe	112	—	113	—	

Es sind ungefähr die gleichen Zahlen, wie sie Rütimeyer angibt, und bestätigen wiederum die bedeutende Grösse des damaligen Hirsches. Nach Rütimeyer übertrifft sie die recenter Skelette um ein gutes Dritteil. Von ganz verschiedenen Dimensionen sind zwei Atlasse:

	1	2	
Körperlänge	51	42	mm.
Grösste Flügelbreite	138	88	
Flügellänge	121	80	

Der kleinere gehörte aber noch einem jüngeren Tiere an, wahrscheinlich einer Hirschkuh, die stets kleiner ist. Als letzter hierher gehörender Rest ist ein Becken mit abgeschlagenen Darm- und Sitzbeinen anzuführen. Die Symphyse ist unterhalb der Foramina obturatoria nicht geschlossen.

Cervus capreolus L., das Reh.

Es hat, wie auch der Hirsch, unsere Heimat noch nicht gänzlich verlassen, obwohl beide ein seltenes Jagdwild sind. Rehknochen sind selten zu Geräten verarbeitet worden. In unserer Station ist es durch mehrere schöne Geweihe und drei linke Unterkiefer erhalten, die sich durch ihren schlanken Bau sofort kenntlich machen. Andere Überbleibsel sind nicht vorhanden.

Sus scrofa palustris *Rütim.*

Das Torfschwein stammt nach den Untersuchungen von Rütimeyer und Th. Studer aus Asien und ist in gezähmtem Zustande von Osten her mit dem Menschen eingewandert. Es kam zur neolithischen Zeit nördlich der Alpen nicht wild vor. Rütimeyer betrachtet es jetzt als eine der Kulturformen von Sus vittatus Asiens. Th. Studer fand ferner, dass das Schwein des Neu-Britannischen Archipels, dessen Schädel und Knochen er von seiner grossen Reise mitbrachte, in einem sehr nahen Grade der Verwandtschaft mit diesem stehe, der auf eine wilde Stammform für beide weist. F o n t lieferte uns mehrere Torfschweinereste, namentlich Schädelfragmente von erwachsenen Individuen. Ich fasse zuerst einen Oberkiefer in's Auge, der nach Rütimeyer's Methode gemessen, folgende Dimensionen hat:

Länge der ganzen oberen Backzahnreihe	114 mm.
Länge von Molar 2, Molar 1, Prämolar 1, 2	58
Durchmesser der Caninalveole	14

Diesen Zahlen stehen ca. ein mm. unter den von Rütimeyer angegebenen Minimalmaassen, doch wohl nur aus dem Grunde, weil der Kiefer einem eben erst erwachsenen Individuum angehört. Von den drei vorhandenen Unterkiefern gehört keiner einem ganz alten Schwein an, doch sind bei dem einen die Zähne vollständig hervorgebrochen, sie haben folgende Maasse:

Volle Kieferlänge in der Höhe des Alveolrandes	— mm.
Höhe vor Prämolar 3	39
Höhe unter Molar 3	39
Länge der Kinnsymphyse	60
Quere Distanz zwischen den Caninalveolaussenrändern	45
Vertikale Höhe des aufsteigenden Astes bis zum Condyl.	94
Grösster schiefer Durchschnitt der Caninalveole	15—16
Distanz zwischen Prämolar 3 und Incisiv 3	40—43
Distanz zwischen Prämolar 3 und 4	13
Länge von Molar 2, 1, Prämolar 1, 2	58—68
Länge der drei zusammenhängenden Prämolaren	36
Länge der Backzahnreihe	114—126
„ „ „ ohne P. 4.	95—110

Auch sie erreichen das Minimalmaass von Rütimeyer nicht ganz, wohl auch nur wegen Altersunterschieden, stimmen aber mit denen vom Bielersee überein. Die noch vorhandenen einzelnen Schweinszähne sind Incisivi, kleine Hauer und Backzähne.

Sus scrofa ferus L, das Wildschwein

lieferte nur geringe Überreste, so zwei starke Oberkieferhauer und einen längs gespaltenen Hauer des Unterkiefers. Andere Zähne dürften kaum dem Wildeber zugeschrieben werden.

Raubtiere.

Ursus arctos L., der Bär,

verrät seine Gegenwart durch zwei Eckzähne, von welchen der eine an der Wurzel quer eingeschnitten ist, wahrscheinlich um als Halsschmuck zu dienen. Die Zähne haben eine volle Länge von 80 und 83 mm. Rütimeyer machte darauf aufmerksam, dass zumeist von Bären nur Eckzähne gefunden werden, wohl aus dem Grunde, weil man damals grossen Wert auf ihren Besitz legte.

Meles taxus Pall. Der Dachs.

Der Dachs hinterliess einen schönen, fast vollständigen Schäde seine Grösse ist:

Unterrand d. Foramen mgni. bis Inc. Alveole	114
Breite zwischen den Jochbogen	83
Unterrand des Foramen mgn. bis Höhe des Scheitels	58

Rütimeyer nahm an, der Dachs sei zur Zeit der Steinmenschen mit noch einer Menge kleiner anderer Raubtiere gegessen worden, er schliesst das aus den Messerspuren, welche die Knochen aufweisen. Auch dieser Schädel zeigt an den Stirn- und Nasenbeinen quere Einschnitte. Könnten dieselben nicht auch beim blossen Abhäuten entstanden sein?

Lutra vulgaris Exl.

Der Fischotter können zwei zusammengehörende Unterkieferhälften von 68,5 mm. Länge zugeschrieben werden. Die Zähne sind spitz und scharf. Auch hier fehlen die Messereinschnitte, die tiefer und schärfer als gewöhnlich sind, nicht. Er unterscheidet sich von solchen der Berner Sammlung in keiner Weise.

Mustela Putorius L.

Von diesem gefürchteten Räuber der Hühnerställe ist ein schöner Schädel erhalten. Seine Länge beträgt 64 mm. Die Zähne sind lang, dolchartig und sehr spitz. Wenn Rütimeyer's Ansicht, dass alle Knochen mit Messereinschnitten einem aufgegessenen Individuum angehörten, sich bewahrheitet, so verschmähte der Pfahlbauer auch den Iltis nicht, er hat auf der Stirn mehrere Einschnitte.

Von Caniden konnte ich einen grossen rechten Unterkiefer vom Wolfe

Canis lupus L.

ermitteln. Ich mass ihn nach Jeitteles und setzte die Maasse eines Schädels des russischen Wolfes im hiesigen Museum daneben.

	Font	Russ. Wolf
Entfernung vom Winkel bis zum Vorderrande der mittleren Incisivalveole	174,5	184 mm.
Entfernung vom Winkel bis zum Vorderrande des vordersten Lückzahnes	145	158,4
Länge des Gelenkhöckers	30,3	31,4
Höhe des horizontalen Astes am äusseren Rande der Fleischzahnalveole	30	30,9
Höhe des horizontalen Astes hinter dem vorderen Höckerzahn	34,5	34
Höhe des vertikalen Astes	71,4	76
Länge der gesammten Backzahnreihe	93,4	96,4
Grösster Durchmesser des Eckzahnes	16	12,8
Länge des hintersten Backzahnes	11	10
Länge des Fleischzahnes	26,6	27

Unser Wolfsunterkiefer von Font ist demnach ein wenig kürzer und gedrungener, hingegen sind die Zähne kräftiger und länger als beim russischen Wolfe.

Meister Reinecke, Canis vulpes L.

ist vertreten durch einen rechten Unterkiefer. Seine Länge vom Proc. condyloideus bis zur mittleren Schneidezahnalveole beträgt voll 100 mm. Rütimeyer gibt für ihn eine Länge von höchstens 90 mm. an, so dass wir es hier mit einem ziemlich grossen Tiere unter den gewöhnlich kleinen Füchslein der Pfahlbauten zu thun hätten. Auch er soll gegessen worden sein.

Der Hund von Font ist von Th. Studer in den «Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern» 1893 eingehend behandelt worden. Er fand neben dem gewöhnlichen Canis domesticus palustris auch noch eine grössere Rasse.

Von Nagetieren konnte nur der Biber

Castor fiber L.

ermittelt werden und zwar in 4 Unterkieferhälften, alles kräftige Exemplare mit stark abgekauten Backzähnen. Die volle Länge des einzigen ganzen Kiefers beträgt 122 mm. Auch die Schneidezähne sind sehr stark abgenagt.

Pelicanus onocrotalus.

Es bleibt mir noch ein Vogelknochen anzuführen, der dem Pelikan angehört. Es ist ein Metatarsale. Meines Wissens wäre damit die Anwesenheit des Pelikans in den Pfahlbauten zum ersten Male konstatiert, was gar nichts Befremdendes hat, da derselbe zu wiederholten Malen schon auf Schweizer Seen getroffen wurde, so Bodensee, Murtensee, Bieler- und Neuenburgersee.

II. Teil.

Das Schaf, Ovis Aries L.

Abstammung:

Die gemeinsame Stammform aller Wiederkäuer führt von Gelocus, durch die Familie der Antilopen zur Familie der Oviden. Ihre Paläontologie ist noch lückenhaft, unsichere Überreste, meist aus sehr späten Epochen, deuten auf ihre Anwesenheit vor der jetzigen Fauna hin. Sie beschränken sich auf Vorkommnisse in südeuropäischen Höhlen, wie Ovis primaeva Gervais und des von Pommerol 1879 gefundenen fossilen Schädels, eines sehr starken, dem heutigen Kaschkar Tibets an Grösse ähnlichen Wildschafes.

Rütimeyer erklärt die Lücke ihrer Urgeschichte aus deren beschränkter, geographischer Verbreitung, doch dürfte sie auch darin zu finden sein, dass ihre Knochen sehr schwer von denen der Antilopen zu unterscheiden sind, vielleicht hat sich die Abtrennung von den Antilopen erst in sehr später Tertiärzeit vollzogen. Als Übergangsform zwischen beiden kann der noch lebende Takin, Budorcas taxicola, angesehen werden.

Die Wildschafe sind nach Wilkens, der sie in drei Gruppen einteilt, folgende:

1. Wildschafe ohne äussere Thränengruben:
   1. Mähnenschaf. Ammotragus tragelaphus.
   2. Nahur. Pseudovis Nahoor (ovis Burrhel).
   3. Taxin. Budorcas taxicola.
2. Muflonartige Wildschafe.
   1. Sardinisch-korsischer Muflon. O. musimon.
   2. Persischer Muflon. O. orientalis (O. anatolica).
   3. Cyprischer Muflon. O. Ophion.
   4. Sha oder Shapu. O. Vignei.
   5. Urial. O. cycloceros.

3. Argaliartige Wildschafe.
   1. Argali. O. argali.
   2. Karelinschaf. O. Karelini.
   3. Arkal oder Steppenschaf. O. Arkal.
   4. Pamirschaf oder Katschkar. O. Polii.
   5. Dickhornschaf. O. montana.
   6. Schneeschaf. O. nivicola.
   7. Hodgsonschaf. O. Hodgsonii (O. Ammon, O. jubata) (?).
   8. Brookeschaf. O. Broockii.

Von den genannten Wildschafen nimmt Jul. Kühn nur den Muflon als Stammvater unseres Hausschafes an, was aber nicht ausschliesst, dass bei Entstehung von Rassen Blutmischung mit einer zweiten wilden Art stattgefunden haben könnte. Er stützt sich auf Resultate von Muflon- und Schafkreuzungen im Haustiergarten zu Halle.

A. Nehring betrachtet 2 Wildschafe als Voreltern unseres europäischen Schafes, nämlich den südeuropäischen Muflon, *Ovis musimon Schreber*, der jetzt auf die Gebirge von Korsika und Sardinien beschränkt ist, und das wilde Steppenschaf, *Ovis arkar Brandt*, das von Transkaspien bis Persien gefunden wird.

Der Muflon war früher auch in Südeuropa verbreitet und war nach Nehrings Ansicht der Stammvater gewisser primitiver Schafrassen Europas, z. B. der Haidschnucken und anderer kurzschwänziger, dunkelhörniger Rassen. Nach Pallas, Brandt und ihm stammen unsere langschwänzigen, hellhörnigen Rassen vom wilden Steppenschaf. Nach Nehring ist dieses Wildschaf in der von ihm nachgewiesenen postglacialen Steppenzeit Mitteleuropas bis nach Mähren verbreitet gewesen. Er stützt sich dabei besonders auf Radien, Metacarpen und Metatarsen, die Prof. Masca in der an diluvialen Tierresten reichen Strambergerhöhle gefunden hatte. Masca schreibt diese Knochen der Saigaantilope zu, Nehring erblickte in ihnen Reste von Arkal, oder einer nahe verwandten Art. Besagte Knochen sollen die des Muflon bedeutend an Grösse übertreffen, aber doch noch nicht an die der grossen Argali-Wildschafe Centralasiens herantreten. Nähere Angaben über diese fossilen Reste sind noch von Nehring zu erwarten. Seiner Ansicht nach dürften noch andere Wildschafe Asiens als Stammformen gewisser Schafrassen in Betracht kommen, so der persische Muflon, *Ovis orientalis Gmelin*, der Urial, *Ovis cycloceros Hutton* im westlichen Himalaya und der Sha, *Ovis Vignei Blyth* von derselben Gegend. Viele Autoren sehen im Argali, O. Argali Pall., einen Stammvater für

das Hausschaf. Alle diese Ansichten stehen auf sehr schwachen Füssen, sie haben sehr viel für sich und werden sich nicht allzu weit vom Ziele entfernen. Etwas Sicheres lässt sich aber bis auf Weiteres noch nicht feststellen.

Unter den neueren Schriftstellern, welche über die Formen des Hausschafes schrieben, teilt A. Sanson dieselben in zwei Gruppen:

Kurzköpfe und Langköpfe.

Zur kurzköpfigen Gruppe zählt er die germanische Rasse mit deutschen Schlägen, die Leicesters und Lincolns. Die niederländische Rasse, New Kents. Die Dünenrasse Southdowns, Shropshiredowns, Schottländer. Schafe der Centralhochebene, die französischen Schafe, Auvergne, Marche, Limousin.

Zur langköpfigen Gruppe zählt Sanson die Dänen, Haidschnucken, Marschschafe, Flamänder, Artois, Picardie, Poitou Britische Rasse, Cottwolds, Cheviots. Schafe des Loirebeckens, Berry, Crevants. Die Pyrenäenrasse, spanische Lacha und Churra, Gascogne, Lauragnais, Albi-Larzac. Merinorasse mit vielen Schlägen. Die syrische Rasse, China, Persien, Kleinasien, Russland, Griechenland, Ungarn, Donaufürstentümer, Barbarin. Die Sudanrasse, Bergamasker.

Gebräuchlicher ist die Einteilung von Nathusius: in kurzschwänzige mit etwa 12 Schwanzwirbeln und in langschwänzige mit mehr als 13—14 Schwanzwirbeln. Dieser Einteilung der Hausschafe folgen im Wesentlichen J. Bohm, Wilkens und Freitag. G. Stieger veröffentlicht eine Einteilung, wie sie J. Kühn in seinen Vorlesungen giebt. Er unterscheidet:

1. Haarschafe mit verhältnismässig kurzen Haaren, ohne Wolle.
2. Gemischt- oder filzwollige Schafe, mit stets vorhandenem längerem Oberhaar und reichlichem Unterhaar.
3. Glanz- oder schlichtwollige Schafe, mit Wolle von schon grösserer Gleichartigkeit, mit Spuren von Mark.
4. Gekräuselte oder merinowollige Schafe, deren Oberhaar so gut wie völlig verdrängt erscheint.

Dieses System scheint etwas naturgemässer, als die blosse Einteilung in Lang- und Kurzschwänze, zu sein.

Das neueste System ist dasjenige von Wilkens, das derselbe auf Grund der bisherigen Forschungen aufgestellt hat. Er teilt demnach die Hausschafe ein:

1. Schafe mit Deckhaaren (Haarschafe):
   - Guinea oder Congoschaf,
   - Zunu oder Kropfschaf,
   - Fezzan oder Lybisches Schaf,
   - Ostafrikanisches Mähnenschaf,
   - Westafrikanisches Mähnenschaf,
   - Etbai oder Bischarinschaf,
   - Stummelschwanzschaf.

2. Schafe mit Mischwolle.
   - A. Kurzschwänzige.
     - a. Mit langen Hangohren.
       - Tibetanerschaf,
       - Kagoschaf,
       - Shambliarschaf,
       - Fettsteisschaf.
     - b. Mit kurzen Ohren.
       - Barwalschaf,
       - Curumbarschaf,
       - Romanowschaf,
       - Isländerschaf,
       - Haidschnucke.
   - B. Langschwänzige.
     - a. Mit langen Hangohren.
       - Fettschwanzschaf,
       - Breitschwanzschaf,
       - Astrakanschaf.
     - b. Mit kurzen Ohren.
       - Zackel,
       - Bergschaf (England, Frankreich, Italien, Schweiz, Spanien).

3. Schafe mit Glanzwolle.
   - Leicester,
   - Border-Leicester,
   - Lincoln,
   - Romney-Marsch-Kent,
   - Costwold (Keltschan, Urmény),
   - Devon,
   - Kentuky,
   - Roscommon.

4. Schafe mit schlichter, fettarmer Wolle.
   A. Kurzschwänzige.
      Chinesisches Schaf,
      Europäische Tieflandschafe.
   B. Langschwänzige.
      a. Mit langen hängenden Ohren.
         Bergamasker,
         Paduaner,
         Seeländer oder Bleiburger.
      b. Mit kurzen Ohren.
         Deutsches Landschaf,
         Englisches »
         Französisches »
5. Schafe mit gekräuselter fettreicher Wolle.
      Electoralschaf,
      Negretti,
      Deutsche und französische Kammwollschafe.
      Mauchampschafe.

Die Anatomie des Hausschafes ist schon erschöpfend behandelt worden; ich gebe hier nur eine kleine zusammenfassende Osteologie, soweit sie für Pfahlbauknochen in Betracht kommt. Am eingehendsten schrieb darüber Rütimeyer, er charakterisiert den Schafschädel folgendermassen: Seine Hornzapfen stehen sehr schief zur Sagittalebene, zwischen sich einen grösseren Zwischenraum lassend als bei der Ziege. Aussen an ihrer Basis wendet sich das Stirnbein fast rechtwinklig ab zur Bildung des stark vorstehenden Orbitaldaches; bei der Ziege ist dasselbe schief geneigt. Die Coronalnat springt in stumpfem Winkel gegen die Hornbasen vor, bei der Ziege ist sie fast gerade. Die Richtung der Hornzapfen geht meist so sehr nach unten, aussen, dass die Hornscheiden sich sehr bald auch nach unten wenden müssen. Der Querschnitt des Zapfens ist unsymmetrisch dreiseitig, mit flacher Innenseite und schwach gewölbter Aussenseite, beide bilden an der kleinen Curvatur des Hornzapfens eine scharfe Kante, vorn verbindet sich die innere Seite mit der äussern durch eine deutliche Vorderfläche; letztere fehlt der Ziege. Die schwach gewölbte Innenseite stösst mit vorderer scharfer und hinterer stumpfer Kante an die etwas stärker gewölbte Aussenseite, das Horn wird dadurch zweischneidig und der Durchschnitt linsenförmig, mit etwas konvexer Aussenseite. Des Schafes Hornzapfen sind mit Schwammgewebe

erfüllt, bei der Ziege setzen sich die grossen Stirnhöhlen bis in die Spitze fort. Der gesamte Schädel ist bei den Schafen breiter als bei den Ziegen, die Stirnzone ist quer und längs ausgedehnter, die Scheitelknickung ist weiter nach hinten verschoben, daher die Parietalzone kürzer, steiler und breiter als bei Ziegen, auch die Nasalia sind breiter und reichen weniger weit nach hinten, die Massetercrista verläuft bei Schafen meist über das Thränenbein, bei Ziegen unter demselben hin. Es ist ausgedehnter, so dass es die Gesichtslücken gegen das Nasenbein hin zuschliesst. Es ist meist durch Thränengruben etwas ausgehöhlt. Die craniologischen Unterschiede vom Schafe und der Ziege finden sich weiter hinten im Kapitel «Die Ziege».

Die übrigen Knochen will ich nur kurz nach Wilkens «Grundzüge der Naturgeschichte der Haustiere» behandeln.

Die Wirbelsäule besteht aus 7 Halswirbeln, 13 Rückenwirbeln, 6 Lendenwirbeln und durchschnittlich 20 Schwanzwirbeln. Von den 13 Rippen sind 8 unmittelbar mit dem Brustbein verbunden. An der vorderen Extremität ist die Ulna mit dem Radius verwachsen, in der distalen Reihe der Vorderfusswurzelknochen ist das Trapezoid mit dem Magnum verwachsen, das aus dem 3. und 4. Mittelhandknochen gebildete Metacarpale gelenkt mit den beiden distalen Fusswurzelknochen (Trapezoid-Magnum und Unciforme). Am distalen Ende des Metacarpale befinden sich zwei Gelenkrollen für die beiden (3. 4.) Zehen. Das Schaf besitzt nur ein laterales sehr kurzes Griffelbein (als Rest des fünften Mittelfussknochens). An der hinteren Extremität ist die Fibula schon an ihrem proximalen Ende verkümmert und fehlt häufig. In der distalen Reihe der Hinterfussknochen ist das Naviculare mit dem Cuboideum verwachsen; Cuneiforme 1 fehlt. Das aus dem dritten und vierten Mittelfussknochen gebildete Metatarsale gelenkt mit den drei distalen Fusswurzelknochen (cuneiforme 2 und 3 und Cuboideum). Das Rollbein besitzt drei Rollen, eine proximale für die Tibia, eine distale für das Cubo-Naviculare und eine hintere für das Fersenbein. Die Form der Mittelfussknochen und der Zehen am Hinterglied ist die gleiche wie am Vorderglied, nur das Schaf besitzt ein verkümmertes mediales Griffelbein, der Ziege fehlt es. Die Zahnformel ist:

$$\frac{3.3 \quad 0 \quad 00 \quad 0 \quad 3.3}{3.3 \quad 0 \quad 00 \quad 0 \quad 3.3}$$

Im Unterkiefer ist der Eckzahn zum Schneidezahn geworden.

Schafreste aus schweizerischen Pfahlbauten.

Das in der Steinzeit der Pfahlbauten stets anzutreffende *ovis aries palustris Rütim.*, das ziegenhörnige Torf dessen nächster Verwandter, wenn nicht direkter Nachkomme Alpen des Nalpsthales über Disentis in nächster Nähe d schweines noch vorkommt. Es ist das Verdienst Rütimeyer's, merksamkeit zuerst auf dieses altehrwürdige Schäfchen gel haben. Nach ihm kommen diese Schafe in 3 Farben vor: weiss, am häufigsten silbergrau. Ihre Hörner sind aufsteh ähnlich wie bei Ziegen in schwachem Bogen nach hinten g Der Schädel ist schlanker, gestreckter. Das Hinterhaupt ist wei als bei gewöhnlichen Rassen, der ganze Gesichtsteil ist niedri nach vorn gleichmässiger zugespitzt als bei andern Rass Augenhöhlen ragen weniger nach Aussen, die Nasenbeine s flacher, die Zwischenkiefer länger und der Unterkiefer schla bei letzteren. Die Hornzapfen sind kurz und von linsenf Durchschnitt, fast ebener Innenfläche und gewölbterer Auss Die dunkle Hornscheide ist ebenfalls scharf zweikantig, mit Aussen- und fast concaver Innenseite. An der vorderen Ka läuft eine Naht, welche bei anderen Rassen nicht zu finden i

Dieses sind alles Eigenschaften, welche in noch höhere der Ziege zukommen. Die Ausbeute von Font enthielt einen von ovis aries palustris Rütim., (Taf. I. Fig. 1 u. 2) den ich in d näher betrachten möchte. Fig. 3 zeigt dessen Hornzapfenque

Der Schädel ist für ein Fundstück aus der jüngeren sehr gut erhalten, er lag mit seiner linken Seite im Torfbod die rechte ragte ins Wasser hinauf und war dessen zerstören kung ausgesetzt. Die eingebettete Seite ist bis auf die Ge Thränenbeine, welche wahrscheinlich erst beim Ausgraben ein wurden, ganz intakt. Die Hornzapfen sind bis auf zwei bis Entfernung vom Stirnbeine abgeschlagen, es fehlen ferner der Z kiefer, die Nasenbeine und der rechte Processus zygomaticus. diesen Fundstücken wurden im Font noch zwei Hirnschädelf mit ganzen Hornzapfen zu Tage gefördert, wie sie in den Stationen gefunden werden, sie wurden jedenfalls zur Gewinn Gehirnes auf diese Weise abgeschlagen. Einen ganzen, so ziegenhörnigen Schafschädel lieferte bis jetzt noch keine Pfa tion. Ich halte es für angezeigt, denselben im Vereine mit 2 B

schafschädeln von Nalps zu besprechen und zu vergleichen. Beide gehörten weiblichen Schäfchen an, der eine hat ein vollständiges Gebiss, der andere ist eben im Zahnwechsel; ferner ziehe ich das gesamte enorme Schafpfahlbaumaterial aus den Stationen Schaffis, Lattrigen, Moosseedorf, Lüscherz, Vinelz, Sutz, Greng aus der Steinzeit zu Rate. Das gesamte Material von dorther stund mir zur Verfügung. Unser Schädel von Font, wie sämtliche von ovis aries palustris, unterscheiden sich vom Nalpserschaf am auffallendsten durch die vollständig flache Stirne; alle Schädelfragmente, wohl bei zwei Dutzend aus oben angegebenen Stationen, hatten diese Eigenschaft. Die Nalpser, Rütimeyer giebt uns in seiner «Fauna der Pfahlbauten» ein ausgezeichnetes Bild eines solchen, haben dagegen hübsch gewölbte Stirnbeine mit einer sanften Konkavität gegen die Nasalia hin. Die angegebene flache Stirne finde ich bei recenten Rassen etwa beim Frutigerschafe, doch ist sie da weniger eben und namentlich über den Augenhöhlen viel breiter. Die vordere Stirnfläche bildet mit dem Hinterhaupte (Stirnbeinknickung) beim Schädel von Font einen Winkel von annähernd 98 Grad, was für alle Torfschafschädel mehr oder weniger genau zutrifft. Hierin weichen die Nalpser ab, die Knickung ist viel weniger scharf, es kommt zu keiner rechten Stirnwulstbildung. Die Länge vom Hinterhauptwulst bis zur Wurzel der Nasenbeine beträgt bei dem von Font etwas mehr als bei den vorherigen, ist aber gleich in der Mittellinie, vom Occipitalwulst zur Höhe des Stirnwulstes.

Die Hornzapfen liegen bei allen ziegenhörnigen Schafen näher beisammen als bei ihren lebenden Nachkommen, sie trugen auch grössere und schwerere Hörner, namentlich in der späteren Steinzeit. Meine zwei Nalpser haben einen Hornzapfenumfang von 7,5 mm., der von Font 95 mm. Das Maximum wird von einem Vinelzer-Schädel erreicht, der 110 hat. Es ist mir nicht bekannt, ob die lebenden Bündtner Widder sich von den Weibchen durch grössere Hörner auszeichnen, ich nehme es an, nach Analogien bei andern Rassen. Gleich alte Schädelfragmente aus den Pfahlbauten mit verschieden starken Hörnern liessen sich dann leichter verstehen. So wenig wie die Stärke der Hörner, ist ihre Distanz stets gleich gross, Vorder- und Hinterrand der Hornzapfen sind bei gleicher Grösse des Tieres bald mehr, bald weniger von einander entfernt, bei unserem Schädel beträgt die Distanz an der Basis 20 mm., eine Zahl, die als Mittel für die ziegenhörnigen Schafe angesehen werden kann. Der Querschnitt

der Hornzapfen ist regelmässig, mit bogenförmiger Aussen- und mehr oder weniger flacher Innenseite. Der umschlossene grosse Hohlraum ist nicht gekammert, sondern zeigt eine kontinuierliche Höhlung. Die Zapfen gehen zuerst sanft nach oben und aussen und wenden sich dann schwach nach hinten, die Krümmung nach hinten ist gering. Die Entfernung der Spitzen beträgt bei den beiden Fragmenten 130 und 133 mm. Bei den Nalpsern gehen die Hornzapfen bei weitem stärker und schneller auseinander, sie krümmen sich selbst sehr wenig nach hinten, so dass die Spitzen in Seitenansicht nur wenig unter die fast gerade Profillinie des Schädels herabsinken, sie divergieren bedeutend mehr als bei den Pfahlbauschafen. Ich finde bei Schädelfragmenten aus den schon angegebenen Stationen Zapfenspitzen, welche 120—200 mm. weit von einander entfernt sind. Die grossen Distanzen kommen nur bei Exemplaren aus der jüngeren Steinzeit vor, so dass man geneigt sein könnte, an eine weniger reine Rasse zu denken, kamen ja, wie wir noch sehen werden, Individuen von ganz andern Rassen neben diesen zum Vorschein. Ein Schädeldach von Greng, Station des späten Steinalters, mit kolossalen ziegenhörnigen Stirnzapfen, hat eine Spitzendistanz von 237 mm. In Greng wurden auch die später zu besprechenden grossen merinoschafartigen Hörner gefunden, die mit ächt ziegenhörnigen Schädelstücken beisammen lagen, so dass der Gedanke von einer unreinen Rasse nicht so ganz von der Hand zu weisen ist. Die Stirn des Schädels von Font ist im Vergleich mit heutigen Schafrassen als schmal zu bezeichen, die Breite stimmt mit dem Schädel von Nalps ziemlich überein; während sich beim ersteren diese Dimension zur Schädelbasis verhält wie 1 zu 1,08 (Nalps 1,04), verhält sie sich bei lebenden Rassen wie 1,13—1,24 : 1. Noch kleiner ist dann die Verhältniszahl bei Bronceschafen.

Der Orbitalrand ragt weit über die Augenhöhlen vor, einen grossen, ungemein stark vorstehenden Ring um dieselben bildend, ihr Durchmesser ist bei Beiden in der Breite und Höhe ziemlich gleich gross, so dass eine richtige kreisrunde Höhlung entsteht.

Die Thränengruben, das wichtige nur den echten Schafen zukommende Merkmal, sind leider stark beschädigt, doch sind genügend andere Schädelfragmente vorhanden, um konstatieren zu können, dass dieselben scharf von der Umgebung abgesetzt und tief sind. Am schärfsten und tiefsten sind diese bei dem schon angeführten grossen Vinelzerschädelfragmente. Die Nalpser stimmen da

vollständig mit den alten ziegenhörnigen Schafen überein. Hiesige Rassen besitzen eine viel seichtere Thränengrube, ebenso das Bronceschaf und die Haidschnucke. Für Andere kann ich es nicht konstatieren. Ich schliesse nach Analogien daraus: dass im Allgemeinen da die lange Domestication mit ihrer abschleifenden Wirkung das Ihrige gethan hat.

Es wäre interessant, einige Nasenbeine zu haben, um dieselben mit den wenig gebogenen fast ziegenähnlichen der Bündtnerrasse vergleichen zu können. Leider fehlen sie an jedem Schädel; wir können nicht erwarten, dass sie viel anders geformt waren als bei ihren romanischen Epigonen. Übergehend zur Betrachtung des Hirnschädels, fällt uns seine Länge auf, im Vergleich zu unseren Landrassen; von sieben andern Schädeln recenter Rassen erreicht die Reduktionszahl 1,45 (Schädelbasis = 1) als Länge vom Occipitalwulst bis zur Insertion der Nasenbeine kaum ein Einziger und zwar die Haidschnucke, eine sehr alte Rasse, dabei sind Rassen wie die Frutiger, die doch viel grösser sind als diese kleinen Schäfchen, von einer auffallenden Kurzköpfigkeit. Am meisten fiel mir dabei der Schädel von Nalps auf, bei dem man doch ein ähnliches Verhalten wie beim Schädel von Font erwarten durfte, und siehe da, jene Dimension erreichte nur die Zahl 1,28. Ich kann mir diese Brachycephalie nur als Zeichen nicht mehr reiner Rassen erklären. Es müssten sich aber doch noch Individuen finden, die sich noch den ursprünglichen Langkopf bewahrt haben. Die angegebenen Zahlen wurden mit einem Schustermasse oder sogen. Kaliber ermittelt. Mit dem Bandmasse gemessen erhält man für Font 1,72, für Nalps 1,52, also für Erstere schärfere Knickung und höhere Wölbung des Schädels als bei Nalps.

Die Länge vom Hinterhauptswulst bis zum Hinterrand der Orbita nähert sich beim alten und noch existierenden ziegenhörnigen Schafe wieder mehr; das alte ist aber darin dem noch vorhandenen etwas überlegen.

Die Schädelbreite ist bei beiden auch nicht ganz im selben Verhältnisse, das Bündtnerschaf hat überall kleinere Verhältnisse, sowohl in der Stirnbreite, als auch in der Breite des Hinterhauptes. Letztere ist überhaupt bei Schafen sehr inkonstant, auch scheint zwischen ihr und der Stirnbreite bei gehörnten Rassen ein Verhältnis zu bestehen, das mir, sei es Zufall oder nicht, aufgefallen ist. Bei allen Rassen, die grosse und schwere Hörner tragen, war die Stirn sehr breit; ich konnte das bei dem schon mehr angeführten Schädelfragmente von

Vinelz auch für die Individuen innerhalb der Palustrisrasse konstatieren, ähnliches ist für einen Vertreter von Sutz zu sagen. Umgekehrt verhält es sich mit der Breite des Hinterhauptes bei Tieren mit schweren Hörnern. Man würde nach oben angegebenen Thatsachen glauben, der grosse Schädel von Vinelz mit seinen grossen Hornzapfen müsste eine grössere Hinterhauptsbreite haben als der von Font, aber im Gegenteil, er ist noch um 2 mm. schmäler als jener. Der gewaltige merinoschafartige Schädel von Lüscherz ist sogar am Hinterkopf 11 mm. schmäler. Ein grosser, schwerer Frutigerbock mit 165 mm. Hornbasisumfang ist dort sogar um 16 mm. schmäler. Man möchte bei diesen Thatsachen fast den Satz aussprechen: je breiter die Stirn und je schwerer das Gehörn, um so schmäler wird das Hinterhaupt. Leider fehlen beim Schädel von Font und bei den beiden aus Graubünden die Zwischenkiefer, doch ersieht man, die Rütimeyer'sche Abbildung zu Rate ziehend, sofort, dass das Gesicht im Verhältnis zum Schädel sehr lang zu nennen ist; unzweifelhaft war es bei den alten ziegenhörnigen Schafen nicht anders. Diese Eigenschaft muss ihnen eine hirschartige Physiognomie verliehen haben, dazu kam noch das schmale Gesicht, das bei den Nalpsern noch schmäler geworden ist.

Diese Schmalgesichtigkeit hatte eigentümlicher Weise wenig Einfluss auf die Breite des Gaumens, nicht nur alte und recente Ziegenhornschafe, sondern auch andere, stehen darin im gleichen oder wenig differierenden Verhältnisse.

Anders ist es mit der Gaumenlänge und der Länge der Backzahnreihe. Bei den Nalpsern ist letztere relativ kurz, beim Schädel von Font relativ lang und zwar ist die Länge hauptsächlich auf Rechnung der Molaren zu setzen; die Praemolarreihe stimmt bei beiden vollständig überein. Die Zähne stecken tief in der Alveole und sehen deshalb sehr kurz aus, sie sind wenig abgekaut und ihre Kaufläche ist eher schief als horizontal zu nennen. Der Gaumen ist bei letzteren auch relativ und absolut länger als bei den Bündtnern, der Gaumen-Ausschnitt ist bei ihnen auch viel spitzer, während er beim Pfahlbauschaf in einen ziemlich stumpfen Spitzbogen verläuft. Die Höhe des Gesichtes ist bei beiden nicht ganz so hoch wie bei andern Schafen, der Unterschied ist aber nicht bedeutend, blos die grosse Länge des Gesichtes lässt es niedriger erscheinen.

Damit ist dieses neue Schädelfundstück von Font kurz beschrieben, ich glaube nicht, dass es Aufgabe dieser Arbeit war, mehr Worte

darüber zu verlieren, doch möchte ich noch in ein paar kurzen Sätzen die wesentlichsten Unterschiede zwischen den prähistorischen Ziegenhornschafen und den noch lebenden zusammenfassen. Vorher möchte ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen, der mir bei mehr als dreissig Schädelfragmenten, die mir durch die Hand giengen, aufgefallen ist, eingerechnet den beiden Nalpsern.

Betrachtet man nämlich einen ziegenhörnigen Schafschädel von der Seite, so fällt uns sofort auf, dass Nasenwurzel, oberer Orbitalrand und die Spitze des Hornzapfens stets in einer und derselben Ebene liegen, oder noch besser gesagt, dass alle diese drei Punkte durch eine einzige gerade Linie verbunden werden können, bei keinem andern Schafe ist das der Fall, wohl aber bei manchen Ziegen. Der Schädel von Font unterscheidet sich von demjenigen von Nalps durch die flache Stirn, bei letzterem ist sie gewölbt. Die Knickung des Stirnbeines ist bei denselben stumpfwinklig und abgerundet, der alte Schädel zeigt hingegen eine scharfe Winkelknickung, sein Hirnschädel ist lang, der des letzteren kurz. Die Backzahnreihe ist beim Schädel von Font beträchtlich länger als bei den Bündtnern. Eine so ganz ausgesprochene Übereinstimmung findet also zwischen diesen zwei Schaftypen doch nicht statt, doch können wir als sicher annehmen, dass letztere von den alten ziegenhörnigen Schafen abstammen und im Laufe der Zeit durch Mischung mit andern Rassen etwelche Veränderung erlitten haben.

Ich gebe folgende Tabelle beider Schädel, wo die Schädelbasis = 1 gesetzt ist.

	Font	Nalps
1. Hinterhauptswulst bis zur Wurzel der Nasalia (Kaliber)	1,45	1,28
2. Dasselbe (Bandmaass)	1,72	1,52
3. Foramen magnum bis Gaumenausschnitt	1	1
4. Foramen magnum bis zum Ende des Zwischenkiefers	—	—
5. Hinterhauptswulst bis Hinterrand der Orbita	1,06	1,02
6. Breite über den Ohröffnungen	0,81	0,76
7. » zwischen den Suturae temporo-parietales	0,75	0,69
8. » zwischen den Jochbogen	—	1,18

	Font	Nalps
9. Grösste Stirnbreite zwischen dem oberen Orbitalrande	1,08	1,04
10. Längsdurchmesser der Orbita	0,44	0,45
11. Höhendurchmesser derselben	0,43	0,43
12. Wurzel der Nasenbeine bis Ende des Zwischenkiefers	—	—
13. Gaumenausschnitt bis Maxillarausschnitt	0,75	0,69
14. Gaumenlänge	0,28	0,18
15. Zahnreihe im Oberkiefer	0,80	0,73
16. Molarenlängsreihe aussen	0,52	0,46
17. Prämolarenlängsreihe	0,27	0,27
18. Breite zwischen den Gesichtsleisten	0,80	0,77
19. Höhe des Oberkiefers zwischen Mol. 1 u. Präm. 1	0,64	0,62
20. Gaumenbreite zwischen Molar 2	0,48	0,49
21. Gaumenbreite zwischen Prämolar 2	0,36	0,34

In der späteren Steinzeit findet sich neben dem gewöhnlichen Typus des ziegenhörnigen Schafes ein anderes, welches in Form, Richtung und Stärke der Hörner vollständig von jenem abweicht. Die ersten Mitteilungen über dasselbe machte Prof. Studer im Jahre 1882 in den «Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft» in Bern. Er gab drei Exemplare an, zwei Hornzapfenpaare mit noch ansitzenden Stirnbeinfragmenten von Greng, einer Station des jüngern Steinalters am Murtensee. Das Dritte stammt von Lattrigen. Das eine von den beiden ersteren gehört der Stadt Murten, die andern sind im Museum in Bern, so dass sie mir zur Verfügung stunden. Seither sind zwei neue Exemplare dazu gekommen, je eines von Lüscherz (Taf. I, Fig. 4 sammt Hornzapfenquerschnitt) und Font. Das erstere ist weitaus das grösste und besterhaltene dieser Rasse, es besteht aus dem gesamten Hirnschädel mit den zwei mächtigen Hornzapfen, das andere ist nur ein Schädeldach mit den Hornzapfenfragmenten. Die an der Wurzel 37 mm. auseinander stehenden Hornzapfen des Lüscherzers krümmen sich in einem regelmässigen Halbkreise nach hinten und unten, die Spitzen divergieren wenig nach aussen und stehen 234 mm. von einander ab. Der hintere und der vordere Rand sind in ihren Krümmungslinien einander parallel. Es ist dabei fast nicht möglich, einen hinteren und vorderen Rand nachzuweisen, so regelmässig ist der Zapfen gerundet. Sein grösster Durchmesser beträgt 57 mm. nahe an der Basis gemessen, der Umfang ist 172 mm., er wird darin nur von dem von Font um 2 mm. übertroffen.

Der Durchschnitt des Hornzapfens ist regelmässig elliptisch und weniger kreisförmig als beim Mufflon. Denkt man sich über die kolossalen Hornkerne die Hornscheiden gestülpt, so bekommt man ein Horn von respektabler Grösse und Länge, messen ja allein die Stirnzapfen längs der oberen Curvatur 260 mm. Es ist auch möglich, einige Angaben über den Hirnschädel zu machen. Die Stirn, soweit sie noch vorhanden, ist breit und ganz schwach gewölbt. Die Stirnbeinknickung beträgt genau einen rechten Winkel. Links und rechts von der Sagittallinie befinden sich im Stirnbein zwei grosse Sinus frontales. Die Knochennähte beginnen zu verwischen und die Sutura sagittalis und coronaria sind merkwürdig aufgewulstet, so dass an der Grenze von Parietale und Frontale mitten auf dem Schädel eine dreizackige Figur entsteht.

Die Occipitalregion ist rauh und höckerig, mit sehr stark entwickeltem Hinterhauptswulst, als Ansatzpunkt für die kräftige Nackenmuskulatur. Als Länge vom Stirn- bis Occipitalwulst können 86, als Hinterhauptsbreite 57 mm. angegeben werden, Verhältnisse, wie man sie etwa bei starken Böcken der Frutigerrasse antrifft. Man kann also da auf ein Tier von bedeutender Grösse schliessen. Das Fragment von Font besteht aus einem Schädeldache mit den Stirnzapfen, deren einer auf einer Seite stark verwittert ist, so dass man einen guten Einblick in die Struktur des Knochengewebes erhält. Die Hornzapfen stehen hier unverhältnismässig nahe bei einander, die Distanz zwischen beiden beträgt nur einige Millimeter, sie besitzen leider nicht mehr ihre ursprüngliche Länge, ihr Verlauf ist wie beim vorhergehenden Exemplare nach hinten, unten. Der Umfang ist für alle bis jetzt gefundenen Stücke dieser Rasse am grössten, nämlich 174 mm. (der grösste Durchmesser an der Basis beträgt 57 mm.). Durch die Verwitterung erhielten wir einen Längsschnitt durch den Hornzapfen, dessen Inneres ein grossmaschiges Netzwerk von weiten Höhlungen und dünnen Lamellen zeigt, wir finden nicht einen kontinuierlichen Hohlraum von der Basis bis zur Spitze, wie dieses beim Mufflon der Fall ist. Unsere Frutigerschafe haben dagegen ein feines, zelliges Schwammgewebe im Zapfeninnern. Die Oberfläche ist sehr uneben und zeigt bei allen grosse Ernährungslöcher, so dass sich der Hornzapfen sehr rauh anfühlt. Die Verhältnisse des Schädels, so weit sie ersichtlich, sind dieselben wie beim Lüscherzer, die sonderbaren Aufwulstungen der Sagittal- und Kronennaht waren vorhanden, sind aber teilweise abgewittert.

Woher mögen wohl die Pfahlbauer dieses grosshörnige Sch
das man mit keiner Rasse recht in Zusammenhang bringen kann,
ein Mal bezogen haben?

Seinem spärlichen Vorkommen nach war es jedenfalls ein selte
Tier, dessen Hörner vielleicht den Eingang ihrer Hütten zierten
das vielleicht von den Pfahlmenschen nie lebendig gehalten wor
war. Doch kam ich von dem eben ausgesprochenen Gedanken so
wieder ab, als ich die andern Schafknochen untersuchte.

Man war geneigt, diesen Schädel mit dem korsischen, nach
wiesener Maassen im Altertum auch in Südeuropa vorhandenen Mu
in Zusammenhang zu bringen, doch dazu passt manches nicht.
muss irgend eine von anderswo importierte Rasse gewesen sein,
in Grösse und Form der Hornzapfen dem Merinoschafe ähnelt.

Eine dritte Form von Schafen fand sich ebenfalls in Lüsch
vor, dieselbe wird repräsentiert durch einen Hirnschädel mit Ho
zapfen und fehlendem Gesichtsteil. (Taf. II, Fig. 11 und dessen Ho
zapfenquerschnitt Fig. 12.) Dieser Schädel weicht in Form und St
lung der Hörner von den beiden besprochenen Rassen bedeutend
Rütimeyer erwähnt solche aus dem nicht ganz kritiklosen Fundort W
wyl, die in ihren Formen nicht viel von dem nun zu behandeln
Schädel abweichen dürften.

Am auffallendsten an diesem Schädel sind die rauhen, sch
kantigen Hornzapfen und das breite Hinterhaupt. Die ersteren ste
so nahe bei einander, dass in dem dadurch entstandenen spitzen Wi
zwischen den Hörnern kaum Raum für die sehr breite und regelmä
zickzackförmige Sagittalnaht bleibt. Der Hinterrand der Zapfen
67 mm. Distanz, der grösste Durchmesser beträgt 63, die Entfern
der Spitzen 249 mm. Die Stirnzapfen erheben sich von einer rau
Basis zuerst schräg nach oben und drehen sich dann rasch nach hin
aussen, so dass, seitlich gesehen, fast ein Halbkreis beschrieben wi
Die Hornzapfenlänge längs der oberen Curvatur beträgt 215 mm.,
Vorderrand ist abgerundet, der Hinterrand fast schneidend. Der Q
schnitt ist unregelmässig birnförmig. Es mag noch angedeutet w
den, dass das linke Horn stärker und tiefer gebogen ist als das rec

Betrachten wir den Hirnschädel, so fällt uns die starke Knick
der Frontalregion auf, die volle 90 Grad ausmacht. Die Länge
Hirnschädeldecke vom Occipitalwulst bis zur Höhe des Stirnbeins
trägt 101 mm., die Hinterhauptsbreite über den Suturae tempora-
rietales 67, über den Ohröffnungen 75. Die Stirn ist breit und

Orbitalränder ragen dachartig über die Augenhöhlen hervor. Die Stirnbeinnaht, der hintere Teil der Sagittalnaht und die Coronalnaht sind stark aufgewulstet.

Es lässt sich für dieses Schädelfragment nicht leugnen, dass einesteils Eigenschaften der ziegenhörnigen Rasse, andernteils solche des grossen merinoartigen Schafschädels vorhanden sind. Es sind dabei drei Möglichkeiten nicht ausgeschlossen: Erstens kann der Schädel einem Individuum angehören, das aus einer Kreuzung der beiden ersten Rassen entsprungen war, oder aber er kann einem weiblichen Schafe der grossen Rasse angehört haben, die wohl wie unsere heutigen Tiere kleinere Hörner trugen, dieselben mögen dabei hier etwas abnorm geraten sein, oder als letzten Fall dürfte man hier noch eine dritte Rasse oder Varietät vor sich sehen, die mit der von Wauwyl am besten übereinstimmen dürfte.

Mag dem sein wie es wolle, interessant bleibt immerhin die Thatsache, dass in Lüscherz die Schafzucht nicht unbedeutend war, indem wir hier drei ganz verschiedene Rassen oder Formen antreffen.

Man kann im allgemeinen sagen, dass die Pfahlbauer der späteren Steinzeit eher ein grosses Schaf liebten, als diejenigen der älteren; selbst das gewöhnliche ziegenhörnige Schaf züchteten sie sich in grossen Formen, wie Schädel von Vinelz, Lüscherz und Greng es zeigen.

Ein völlig anderes Schaf, als alle bisher besprochenen, finden wir in der Bronzeniederlassung von Mörigen, einer an Ausbeute reichen Station am Bielersee. Es fanden sich da ein ziemlich kompleter Schädel (Taf. II, Fig. 9 u. 10) und eine Hirnschale. Über ersteren hat Prof. Studer in den «Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft» in Bern vom Jahre 1883 Veröffentlichungen gemacht. Zur Komplettierung dieser Arbeit mag es von einigem Interesse sein, darüber noch kurze Angaben zu machen. Die gefundenen Exemplare gehörten etwas kleineren Individuen an, als unsere gewöhnlichen Landschafe sind.

Was diesen Schädel sofort von allen bisher behandelten Schafschädeln am meisten auszeichnet, ist das Fehlen jeglicher Spur von Hornzapfen, an deren Stelle zwei Gruben vorhanden sind. Die Stirn ist nicht geknickt, sondern schwach gewölbt, der vordere Teil ist flach und etwas eingesenkt. Das Cranium zeichnet sich durch Kürze von der ziegenhörnigen Rasse aus. Der Stirnwulst liegt direkt oberhalb der Orbita, bei den letzteren befindet er sich weit hinter derselben, Grund wesshalb bei diesen der vordere Teil der Stirn sehr lang, bei den

anderen ganz kurz erscheint. Das sind Charaktere genug, um diese Schafrasse vollständig von der ziegenhörnigen zu scheiden.

Die Schädelbasis ist etwas länger, ebenso die Distanz vom Hinterhauptswulst zum hinteren Augenrande. Die fast kreisrunde Orbita ist gegen die Thränengruben hin etwas vorgezogen, diese sind sehr tief. Das Orbitaldach und der gesamte Rand bilden eine vorstehende Röhre, doch nicht stärker als beim Schafe von Font. Die Occipital-Parietal- und Stirngegend ist etwas schmäler als bei diesen. Der Gaumen ist auffallend kurz, die Zahnreihe aber fast so lang wie bei den Ziegenhörnigen. Gesicht und Gaumen sind etwas schmäler. Der noch vorhandene Teil des Nasenbeins ist ziemlich stark gebogen.

Prof. Studer betrachtet dieses Bronzeschaf als analog mit den hornlosen Schafen der europäischen Niederungen, mit dem es in der Bildung der Knochen gut übereinstimmt. Ich setze neben die relativen Maasse des Bronzeschädels diejenigen jenes Marschschafes, das schon Prof. Studer bei seinen Untersuchungen diente. In der beifolgenden Tabelle beziehen sich die Nummern der Maasse auf die der Tabelle des ziegenhörnigen Schädels.

	Bronzeschaf	Marschschaf
1.	1,35	1,45
2.	1,59	1,76
3.	1	1
4.	—	2,28
5.	0,98	1.03
6.	0,72	0,80
7.	0,73	0,73
8.	1,09	1,23
9.	1,03	1,02
10.	0,48	0,45
11.	0,42	0,40
12.	—	1,42
13.	—	0,76
14.	0,19	0,21
15.	0,78	0,85
16.	0,52	0,58
17.	0,26	0,27
18.	0,75	0,87
19.	—	0,68
20.	0,46	0,48
21.	0,34	0,36

Man könnte bei oberflächlicher Betrachtung der Stein- und Bronzeschafschädel auf den Gedanken kommen, die Rasse der Bronze sei durch Züchtung aus der Ziegenhornrasse hervorgegangen, doch haben wir gesehen, dass beide nichts miteinander zu thun haben. Das Bronzeschaf muss importiert sein. Unvermittelt geht das Steinalter in die Bronzezeit über. Dieser gewaltige Sprung in der Kultur kann nicht plötzlich von einem Volke gemacht worden sein, das wäre undenkbar, sondern es wird immer wahrscheinlicher, dass am Ende der Steinzeit ein Volk einwanderte, das seine Waffen und Geräte aus Bronze anfertigte. Es muss sich da ein gewaltiger Kampf mit dem altangesessenen Volke abgespielt haben, dessen Ausgang nicht zweifelhaft sein konnte und mit der Vernichtung der Steinkultur endete.

Die Eingewanderten, ob von Hause aus gewohnt oder erst durch die Umstände dazu gezwungen, siedelten sich auch auf den Seen an, aber nicht in den von den Steinleuten aufgebauten Dörfern, sondern an andern Stellen. Nirgends finden wir im Seegrunde an ein und demselben Punkte zwei Kulturschichten übereinander, von welchen die obere dem Bronzealter, die untere der Steinzeit angehört. In nächster Nähe können beide vorkommen, was Ed. von Jenner bei seinen Ausgrabungen in Mörigen, wie schon angedeutet, nachwies, wo er landeinwärts, ziemlich entfernt von der grossen Bronzeansiedelung, eine kleinere des Steinalters antraf. Der eingedrungene Volksstamm, in der Kultur den Steinmenschen weit voraus, war nicht mehr ausschliesslich viehzüchtend, sondern auch ackerbauend, sie hatten das Pferd, ein anderes Rind und ein anderes Schwein, Tiere, die sie unzweifelhaft mit herbrachten. Das Vieh der Steinmenschen scheint ihnen zur Zucht nicht behagt zu haben, denn es verschwindet von da an. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass auch das hornlose Schaf hergebracht sein musste.

Es ist ein merkwürdiges Zusammentreffen, dass dieselbe Gegend, welche das ziegenhörnige Schaf noch kenntlich erhalten hat, ebenso einen Nachkommen des Torfschweins aufweist. Diese beiden Zeugen einer längst vergangenen Zeit deuten darauf hin, dass bei jener grossen Einwanderung entweder ein Trupp flüchtiger Pfahlbauer mit Kind und Kegel dort hinauf gelangte, oder dass «Alt fry Rhätien» dem neuen Volke zu unwirtlich und unzugänglich war, um sich dort zu verbreiten. Es wäre interessant, wenn auch an Schädeln der Einwohner des Nalpstales noch Eigenschaften der Steinkulturmenschen nachzuweisen wären!

Beim Suchen nach Schafsknochen in den unteren Räumen unseres Museums fiel mir zufällig ein Fundstück in die Hände, dessen Erwähnung nicht hierher gehört, was ich aber doch thue, weil es sonst niemals geschehen würde. Es ist nämlich ein linkes Stirnbeinstück eines Schafschädels, der aus den Römerniederlassungen am Engewald bei Bern stammt, wo auch mancherlei gefunden wurde, das weit über jene Zeit hinaufreicht. Besagtes linkes Schädelstück trägt zwei Hornzapfen, denen wohl zwei andere auf der rechten Seite entsprochen haben werden, also ein vierhörniges Schaf. Das vordere, breitere Horn krümmt sich von seiner Basis an schwach nach aufwärts und geht dann, einen Halbkreis beschreibend, nach unten. Das Horn ist breit, mit einer vorderen und hinteren Fläche und stark von oben nach unten komprimiert. Die grösste Breite beträgt nahe an der Basis 48 mm., die Dicke 26 mm. Das zweite, hintere Horn krümmt sich stark nach hinten und ist etwas schmäler und regelmässiger. Grösste Breite 40, Dicke 29.

Vierhörnige Schafe kommen auf Island vor; Schreber beschreibt ein solches unter dem Namen ovis brachyura. Auch bei chilesischen und Fettsteissschafen ist vermehrte Hörnerzahl nicht selten.

Schafextremitätenknochenreste.

In jeder Pfahlbaustation findet man längere und kürzere, sowie stärkere und schwächere gleichalte Extremitätenknochen, eine Thatsache, die ich mir nur als Grössenunterschied beider Geschlechter deuten kann. Es ist bekannt, dass bei heutigen Schafrassen der Widder in den meisten Fällen grösser und stärker ist als das Schaf, bei unseren bernischen Landschafen ist diese Grössendifferenz beträchtlich.

In Stationen, wo sich nur ein und dieselbe Rasse nachweisen lässt, wo sich grössere und kleinere Schädel von gleichem Alter finden, die namentlich auch verschieden starke Hörner besitzen, glaube ich mit Recht die schwächeren Knochen dem weiblichen, die stärkeren aber dem männlichen Geschlechte zuschreiben zu dürfen. Durch Reduktion der Knochen, wobei man einen beliebigen, z. B. den Metatarsus, weil er am häufigsten vorhanden ist, gleich 1 setzt, bekommt man sehr leicht alles zusammengehörende heraus, und die Anwesenheit einer andern Rasse verrät sich sofort durch ungleiche Proportionalität. Mit dieser Rechnung bekommt man auch am besten die Reihenfolge der Knochen in Bezug auf die Länge heraus. Für das Schaf finden sich durchwegs bei Pfahlbau- und recenten Rassen für die Knochen beider

Extremitäten drei, die grösser, als der Metatarsus, und zwei, die kleiner als dieser sind. Phalangen und Wurzelknochen sind ihres ganz vereinzelten Vorkommens wegen ganz weggelassen.

Die Reihenfolge ist die, dass die Tibia am längsten, stets um $^1/_8$ länger ist als der Metatarsus; es folgt dann der Femur, der circa um $^1/_4$ länger als jener ist, der Radius wieder ist wenig kürzer als der Femur, nicht so lang wie das Metatarsale sind der Humerus und zuletzt der Metacarpus, halb so lang wie die Tibia. Für die Ziegenbeine gestaltet sich die Reihenfolge etwas anders, bei ihnen ist der Humerus in den meisten Fällen länger als der Metatarsus, selten gleich lang wie jener; ich setze natürlich stets rassenreine Tiere voraus.

Beginnend mit der ältesten Station Schaffis, können verschiedene wohlerhaltene Knochen besprochen werden, so ein Humerus eines Widders; er ist kräftig und wohl entwickelt, zeigt starke Muskelansätze und eine tiefe Bicepsrinne. Von Schafen sind Humeri von 126 mm. Durchschnittslänge vorhanden; sie zeichnen sich durch Zierlichkeit aus, stimmen sonst aber vollständig mit dem eben erwähnten Oberarmknochen überein.

Die Radien sind hier im allgemeinen schlank und verhältnismässig dünn und schmal: ein 164 mm. langer vom Bocke, die andern, durchschnittlich 158 mm. lang, gehören dem Schafe an. Die Diaphysenbreite aller beträgt 16 mm. Das Knochengewebe ist wie beim Humerus feinmaschig und die Ulna nicht sehr fest mit der Speiche verklebt. Interessant und wichtig sind die Metacarpalia, sind sie ja neben dem Schädel die einzigen, die nicht mit Ziegenknochen verwechselt werden können. Die Station lieferte drei wohlerhaltene Stücke, zwei einem stattlichen Bocke, eines dem Schafe angehörend. Erstere sind durchschnittlich 134 mm. lang mit Diaphysenbreiten von 12 und 14 mm. Obere Epiphysen 21 und untere 24 mm. Beim Mittelfussknochen vom Weibchen betragen die entsprechenden Breitenmaasse 11, 12 und 23 mm.

Ich glaube, in Anbetracht des Umstandes, dass alle Knochen gleich lang und gut erhalten sind, einige Schlüsse auf die Länge der Vorderextremitäten dieses ältesten ziegenhörnigen Pfahlbauschafes ziehen zu dürfen. Rütimeyer und Studer nannten es gracil und hochbeinig,

eine Angabe, die sich vollständig bestätigt. Ich glaube aber noch ein wenig weiter gehen zu dürfen und mit Zahlen einen Begriff von der Hochbeinigkeit unseres Schäfchens geben zu können. Nach den vorhandenen Resten darf man für die Vorderextremität der Böcke etwa einen halben Meter, für diejenigen der Schafe circa 45 cm. Länge annehmen; dabei rechnete ich 70 mm. für die fehlenden Handwurzelknochen und die Phalangen hinzu.

Gehen wir über zur hinteren Extremität. Es wurden in Schaffis nur weibliche Femora gefunden, männliche fehlten. Ihre durchschnittliche Länge beträgt 167 mm., sie sind schlank und dünn und zeigen wie alle Knochen von dieser Station Charaktere einer guten Rasse; die untere Gelenkrolle ist schmal mit einer tiefen Quadricepsgrube mit steilen Seitenrändern; bei unseren Schafen ist dieselbe mehr halbrund ausgehöhlt.

Die untere Gelenkrolle ist überhaupt hier viel leichter, im Gegensatz zu der klotzigen heutiger Rassen. Der Trochanter major ist schmäler und spitzer, der Trochanter minor stärker ausgebildet.

Es folgen die Tibien: die der Böcke von 225, der Schafe von 201 mm. Durchschnittslänge; sie sind lang und dünn und besonders diejenigen der Schafe von auffallender Zierlichkeit.

Metatarsen sind vier weibliche anzuführen, Knochen wie von Künstlerhand geschaffen. Die Länge machte durchschnittlich 140 mm die vom Bocke 147 mm.

Die Diaphysenbreiten betragen in mm.	10—12
Obere Epiphysenbreite	19—20
Untere » »	22—24.

Solch schlanke, dünne Metatarsalien findet man in allen Stationen der Steinzeit, ihre Grazilität ist wohl keinem heutigen Schafe mehr eigen. Auch für die Hinterbeine darf man einen Schluss auf die Länge ziehen; ich ergänze dabei für die fehlenden Phalangen und Fusswurzelknochen 85 mm. und erhalte dann eine Gesamtlänge von circa 62 cm. für den Bock und durchschnittlich 58,5 cm. für das Schaf. Schaffis ist die älteste Ansiedlung auf dem Bielersee und ist charakterisiert durch das vorherrschende Vorkommen von Feuersteinartefakten. Ich glaube diese Station als Norm für alle jüngeren Ansiedlungen aufstellen zu dürfen, man darf annehmen, dass dort die Rasse des ziegenhörnigen Schafes am ursprünglichsten vorhanden war.

In zeitlicher Reihenfolge kommt nun Lattrigen, Station am südlichen Ufer des Bielersees, ausgezeichnet durch Horn-, Knochen- und Steinartefakten. Widder und Schaf sind in ihren Überbleibseln gleich

stark vertreten. Von der vorderen Extremität sind nur weibliche Radien von 150 mm. Länge, 15 und 16 mm. Breite zu erwähnen. Der Ulnaranhang ist nicht mehr vorhanden. Sie sind etwas kürzer als die entsprechenden Knochen von Schaffis, weichen aber sonst in nichts von ihnen ab.

Die männlichen Metacarpalia (Taf. II, Fig. 16) zeigen folgende Maasse:

Durchschnittslänge	127 mm.
Breite der Diaphyse	12—13
» » oberen Epiphyse	20—22
» » unteren »	22—24.

Ein weiblicher Metacarpus hat 120, 11, 20, 12 als entsprechende Maasse. Alle Exemplare stimmen vollkommen mit der ersten Station überein. Gestützt auf das Vorhandene, wage ich nur für das Vorderbein eine ungefähre Höhe von 47 cm. höchstens anzugeben.

Für die hintere Extremität sind weibliche 175 mm. lange Femora anzugeben, Knochen, die länger und plumper als in Schaffis sind. Die Rinne des unteren Gelenkes ist weniger winklig ausgeschnitten, mehr konkav wie bei recenten Formen. Der Trochanter major ist auch weniger spitz. Die männlichen Tibien, lange leichte Knochen, durchschnittlich 218 mm. lang, sind vielleicht etwas weniger schlank als in der ersten Niederlassung. Im Inneren waren sie, wie nach einem halb zerschlagenen Exemplare zu schliessen war, stark markhaltig. Die weiblichen Tibien erreichen nur eine Länge von 150 mm. Die Farbe aller dieser Knochen ist heller als in der vorhergehenden Ansiedlung, dort ist sie ganz dunkel; hier und in den folgenden in verschiedenen Abstufungen von braun, das ungleiche Alter anzeigend. In Mörigen sind dieselben erst hellbraun.

Die Metatarsalia sind in reicher Anzahl übrig geblieben. (Taf. I, Fig. 8).

	Masc.	Fem.
Länge	147	133 mm.
Breite der Diaphyse	11—13	10—11
» » oberen Epiphyse	19—21	17—19
» » unteren »	23—25	21—23.

Bekannte Verhältnisse; höchstens zeigt sich im männlichen Geschlechte bei den Knochen eine Tendenz etwas plumper zu werden, im weiblichen scheinen sie ein klein wenig kürzer und dünner zu sein, doch ist allen der gazellenartige Charakter von Schaffis noch eigen. Als Totallänge des Hinterbeines bekomme ich gegen 60 cm. Ausser diesen Extremitätenknochen finden sich aber noch vier andere, welche weder in das männliche, noch in das weib-

liche Reduktionssystem hineinpassen; sie sind viel zu gross dafür. Es betrifft dies drei Metacarpen von folgenden Dimensionen (Fig. 13, Taf. II.):

Länge	140	141,5	156 mm.
Breite der Diaphyse	14	14	14
» » oberen Epiphyse	25,5	23	23
» » unteren »	25,5	25	27.

Der letzte, grösste ist nicht vollständig gerade, sondern die beiden Epiphysen sind schwach nach vorne geneigt, so dass von der Seite gesehen der Knochen schwach gekrümmt ist. Ausser diesen drei Exemplaren findet sich noch ein entsprechender Metatarsus mit nachstehenden Maassen:

Länge	157 mm.
Diaphysenbreite	11,5
Obere Epiphysenbreite	22,5
Untere »	24.

Es ist nicht leicht möglich, dass diese vier Knochen derselben ziegenhörnigen Rasse angehören wie die eben besprochene; unter dem vorhandenen, diesbezüglichen Schädelmaterial findet sich kein Anhaltspunkt dafür, hingegen fand sich in Lattrigen jenes von Studer beschriebene, grosse, mufflonartige Gehörn vor, und ich glaube, dass nichts dagegen einzuwenden ist, obige Extremitätenteile mit den grossen Hörnern in etwelchen Zusammenhang zu bringen; dabei verweise ich auf den Absatz Sutz (S. 37 u. 38).

Gleich alt wie Lattrigen ist die Station Lüscherz, von welcher sich im Berner Museum nur sehr spärliches Material befindet. Da ist ein Humerus 125 mm. lang, mit grossem, starkem Tuberculum majus und tiefer Bicepsrinne und scharfem vorderem Rand, in Form und Grösse mit einem Schaffiser Schafe übereinstimmend. Ferner ist vorhanden ein Radius mit abgebrochenem Olecranon ulnae 162 mm. lang und 16 mm. breit, von gewohnter Form, wohl beide dem weiblichen Schafe gehörend. Die beiden Metacarpen eines Widders zeigen, der eine gute Schaffiser Formen, der andere mehr plumpere, wie sie in Lattrigen zu treffen sind.

Länge	125	123 mm.
Obere Epiphyse	20	22
Untere Epiphysenbreite	22	23
Diaphyse	12	12.

Beinlängen lassen sich da bei so geringem Material nicht feststellen. Von der Hinterextremität ist eine 213 mm. lange Tibia, wohl einem Widder gehörend; sie ist eben so schlank und leicht wie die

vorhergehenden. Der Metatarsus ist auf beiden Seiten angeschliffen und ein seltenes Beispiel der Bearbeitung von Haustierknochen.

Länge	132 mm.
Diaphysenbreite	10
Obere Epiphysenbreite	19
Untere »	22.

Für diese Station steht nun fest, dass keine einheitliche Rasse mehr gehalten wurde; Beweis hiezu sind die drei verschiedenen Rassenschädel. Nur für den gewöhnlichen ziegenhörnigen scheint hier mit den Extremitätenknochen ein Zusammenhang zu bestehen.

Dieser Station folgt zeitlich Vinelz; sie wird deshalb jünger gehalten, weil bei den Artefakten Kupfer lag. Die im hiesigen Museum aufbewahrten Überreste sind nur gering, nämlich ein kompleter männlicher Radius mit Ulnaranhang von 160 mm. Länge und 18 mm. Breite; er stimmt in seiner plumpen, kräftigen Form mit dem Schaffiser nicht mehr ganz überein. Ein Metacarpus ist 135 mm. lang, Breite der Diaphyse 13, obere Epiphyse 22, untere Epiphyse 24 mm. Er zeigt die alte gewohnte Form der älteren Steinzeit. Die hintere Extremität ist durch eine Tibia und durch einen Metatarsus vertreten. Erstere 219, letztere 147 mm. lang; auch sie haben die gewohnten Formen.

Vom weiblichen Geschlechte ist ein Metacarpus da; die gewohnte Reihe der Maasse ist:

1.	121 mm.
2.	12
3.	21
4.	24.

Er ist wesentlich stärker und weniger zierlich als andere Metacarpen von Schaffis. Die Tibia, 193 mm. lang, muss einem ganz kleinen Tiere angehört haben. Klein ist auch ein Metatarsus 1. 132, 2. 12, 3. 17, 4. 20. Er entspricht also der Tibia. Im grossen und ganzen stimmt diese Station mit denen der jüngeren Steinzeit überein. Schädel ist von hier nur einer im Museum; er gehört einem grossen Bocke; die Knochen aber lassen eher auf ein etwas kleineres Tier schliessen, als wir bisher antrafen.

Die letzte Station, die noch zu besprechen bleibt, ist Sutz am oberen Bielersee. Hier ist nun reichlich Material vorhanden. Wie in Schaffis, wiegen auch da die Schafüberreste vor denen der Böcke vor, doch nicht so stark wie dort.

Von der vorderen Extremität finden wir für das männliche Geschlecht Humeri von ca. 134 mm. Länge; sie sind stark, gedrungen,

mit starken Tubercula majora, tiefer Bicepsrinne und breitem unterem Gelenk. Da wo die äussere Peripherie des Knochens verletzt ist, tritt das spongiöse, feinmaschige Knochengewebe des Innern zu Tage, ein Gewebe, das noch bedeutend feiner ist als bei Knochen von Schaffis.

Ein weiblicher Humerus fehlt. Die dünnen, 165 mm. langen Radien des Widders haben schlanke, gracile Formen, ihre Diaphysenbreite beträgt 16 mm. Die obere Epiphyse soll sich nach der Schaffiser Grundform stark nach aussen biegen, ein Umstand, der hier in hohem Maasse zutrifft. Des Schafes Radien sind um volle 11 mm. kürzer; von vorn gesehen sind sie stark S-förmig gekrümmt, d. h. die obere Epiphyse dringt stark nach aussen; der obere Teil der Diaphyse weicht im selben Maasse nach Innen zurück, der untere Teil derselben geht wieder nach aussen, ebenso die untere Epiphyse, sie sind übrigens gleich wie beim männlichen Schafe.

Die Metatarsen vom Widder haben folgende Dimensionen:

1.	123—125 mm.
2.	12
3.	21— 22
4.	23— 24

Sie sind etwas kürzer, sonst aber mit der Normalstation vollkommen übereinstimmend.

Für das weibliche Schaf fehlen sie. Das Vorderbein scheint hier circa 480 mm. lang, also etwas höher als gewöhnlich zu sein.

Übergehend zur Hinterextremität, finden sich zwei Femora vom Weibchen, 162 mm. lang, einer recht plump, der andere schmal und gracil. Die Breite des unteren Gelenkes von vorn nach hinten ist beim einen 40, beim andern 50 mm. Ich möchte hier auf die vielleicht nur zufällige Thatsache aufmerksam machen, dass wir bei allen fünf Stationen der Steinzeit keinen einzigen männlichen Femur antreffen.

Die Tibien (Taf. II, Fig. 15) sind in stattlicher Anzahl vorhanden; drei gehören aries, vier ovis mit Durchschnittslängen von 221—203 mm. an; sie stimmen mit Bekannten überein; dasselbe ist von den weiblichen Tibien mit 203 mm. Länge zu sagen, sie weichen in nichts von Schaffis ab.

Es folgen die Metacarpen für aries mit folgenden Dimensionen:

1.	147—152 mm.
2.	11— 12
3.	20— 21
4.	23— 24

Die Übereinstimmung mit der Normalstation ist vollkommen.

Die weiblichen:

1.	125—132 mm.
2.	11— 12
3.	18— 19
4.	21— 23

Im Grossen und Ganzen kann gesagt werden, dass keine von den behandelten Stationen der Steinzeit so gut mit Schaffis übereinstimmt wie Sutz. Der Bock scheint etwas grösser zu sein als dort. Die Beinlängen betragen beim Widder etwas mehr als 62 cm., beim Schaf 59 cm.

Ich muss als Anhang zu dieser Station noch zwei Metacarpen besprechen, welche in keinem Verhältnisse zu allen andern Schafknochen stehen; ihre Maasse sind folgende:

Länge	146	139 mm.
Diaphysenbreite	14	14
Obere Epiphysenbreite	25	24
Untere »	27	26

Nun sind zwar in Sutz sonst keine Spuren von der mufflonartigen Form gefunden worden, aber wenn wir obige Maasse mit denen von Lattrigen vergleichen, so dürfen wir ziemlich sicher auch hier auf eine ähnliche Rasse neben der gewöhnlichen ziegenhörnigen schliessen.

Wir gehen nun über zum hornlosen Schafe der Bronzestation Mörigen. Ich werde die Extremitätenknochen alle durchnehmen und auch mit denen der älteren Stationen vergleichen, um ferner damit beweisen zu können, dass dieses Schaf wirklich einer neueingeführten Rasse angehört.

Von der Vorderextremität des Widders sind Metacarpen vorhanden; folgendes sind ihre Maasse:

1.	123—129 mm.
2.	12— 13
3.	22— 24
4.	23— 26

Mit entsprechenden Knochen von Schaffis zusammengebracht, fallen uns die Rassenunterschiede sofort auf. Der Möriger Metacarpus ist plump und schwer; die Epiphyse geht nur allmählig in die Diaphyse über und ist oben und unten breit; die oberen Gelenkflächen sind fast tellereben. Das eben Gesagte bezieht sich auch auf den weiblichen Metatarsus, nur mit andern Maassen.

Länge	125 mm.
Diaphysenbreite	12

Obere Epiphysenbreite	21 mm.
Untere »	24

Die weiblichen Radien haben eine Durchschnittslänge von 147 mm., mit Diaphysenbreiten von 15—17 mm. Auch diesen Knochen fehlen die gracilen Formen der Steinzeit nicht und die angedeutete S-förmige Krümmung ist nur schwach bemerklich, ebenso sind sie von der Seite gesehen weniger bogig nach hinten gekrümmt, als bei der älteren Rasse.

Die Humeri sind kurze, durchschnittlich 118 mm. lange Knochen, mit schlecht ausgeprägten Muskelansätzen. Die Diaphyse ist auffallend glatt, das Knochengewebe, wo es zum Vorschein kommt, sehr feinmaschig. Hier ist das Schaf auf bedeutend kürzeren Vorderbeinen gestanden; die Durchschnittslänge für das weibliche Vorderbein überschreitet 44 cm. nicht. Für die hintere Extremität fehlt, wie wir es stets gewohnt sind, der Femur; beim Schafe beträgt seine Durchschnittslänge 156 mm. Der ganze Knochen ist leichter und dünner und ähnelt, wie überhaupt alle von dieser Station, solchen von hiesigen heute verbreiteten Schafen; dieses bezieht sich auch auf die Quadricepsgrube, die hier nicht spitzbogig, sondern gleichmässig ausgerundet ist. Merkwürdig kurz und schwach sind die Tibien (Taf. II, Fig. 14). Bei aries beträgt die durchschnittliche Länge 189, bei ovis sogar nur 175 mm. Die Epiphysen sind schmal und alle vorspringenden Kanten abgerundet, ganz wie bei der Haidschnucke, die aber längere Knochen und namentlich breitere Gelenke besitzt.

Es bleiben noch die Metatarsen (Taf. I, Fig. 6), Knochen von bemitleidenswerten Dimensionen, anzuführen.

	Masc.	Fem.
Länge	141	125—131 mm.
Diaphysenbreite	10	10
Obere Epiphyse	20	17— 19
Untere »	22	21— 22

Der ganze Metatarsus ist rehähnlich, von oben bis unten gleich breit und mit sehr dünnen Epiphysen. Als Hinterbeinlänge ist nur 54,5 cm. für beide Geschlechter zu ermitteln. Das Aussehen aller Knochen ist schon von denen der früheren Stationen durch die helle Farbe charakterisiert. Alle tragen den Stempel einer langen Domestikation und einer kleinen schwächlichen Rasse, mit Merkmalen, wie sie kaum bei einem heutigen Schafe noch so stark ausgeprägt sind.

III. Teil.

Die Ziege, Capra Hircus L.

So lückenhaft wie die Paläontologie der Schafe, ist diejenige der Ziegen. Man kennt fossile Ziegenreste aus südeuropäischen Höhlen, wie Capra Rozeti aus dem Pleistocän der Auverne und Capra Cebennarum aus der Höhle von Mialet. Eine hornlose Ziege mit einem Schädel von der Grösse eines Rindes ist von Rütimeyer unter dem Namen Bucapra Daviesii Rütim. aus den sivalischen Hügeln beschrieben worden. Die Grösse kann wenig frappieren, erreichen ja Schafe aus der Gruppe der Argali noch heute Rindshöhe. Lydekker beschreibt eine Capra sivalensis Lyd. und Capra perimensis Lyd., erstere aus Sivalik, letztere aus Perim, die den Iharal und den Markhoor, zwei Ziegenarten, schon im tertiären Terrain anzukündigen scheinen. Übergehend zu den noch lebenden wilden Ziegenarten giebt H. R. Schinz deren folgende an:

1. Der sibirische Steinbock, Capra Pallasii, Capra sibirica, in den Gebirgen Sibiriens, Kamtschatkas und der Tartarei.

2. Der Steinbock der europäischen Centralalpen, Capra Ibex. Lebend nur noch in den italienischen Alpen.

3. Der pyrenäische Steinbock, Capra pyrenaica. In den Pyrenäen, Sierra de Randa und Granada.

4. Der kaukasische Steinbock, C. caucasica, im Kaukasus und den höchsten Alpen des südlichen und gemässigten Asien.

5. Die Bezoarziege, C. Aegagrus, in Persien.

6. Der Beden, Capra Beden, Aegoceros Beden Schreb. Wagn. C. Joela Griffith., C. sinaitica Ehrenb., C. nubiana Fisch. In Nubien und Oberägypten.

7. Der abyssinische Steinbock, C. Walié Rüppel, in Abyssinien bis zur Schneeregion, ist wahrscheinlich nur eine Varietät des Beden.

8. Der Iharal, C. Iharal Hodgson im Himalaja.

9. Die Knoppernziege, C. tubericornis. Aegoceros cossus. Blainville, in der Provinz Jemlah, am westlichen und südwestlichen Himalaja.

(10). Die amerikanische Ziege, C. americana in den rocky mountains ist Haploceros eine Antilope.

11. Der kretische Steinbock, C. cretica, ungewiss als Art.

Ferner sind noch aufgestellt worden: Capra hilocrius, in den Nilgeris und Capra dorcas Reichenow, Insel Joura bei Euboea.

Die Abstammung der Hausziege, Ort und Zeit ihrer Domestikation sind ebenso wenig geschichtlich nachweisbar, wie beim Hausschafe. Man nimmt allgemein an, ihre Stammmutter sei die auf den Gebirgen Kleinasiens und Persiens wild vorkommende Bezoarziege, C. aegagrus. Sie würde von den ersten Einwanderern nach Europa gebracht worden sein. Ihre Verbreitung war aber schon früh eine allgemeine. Schon die alten Indier besassen sie als Haustier; Ziegenböcke sind das Gespann Pushans, des Herdengottes; ebenso fährt Thor nach nordischer Mythologie mit Ziegenböcken. Die alten Indier benutzten die Ziege als Milchtier. Sie ist häufig auf altägyptischen Denkmälern dargestellt, ist in der ganzen antiken Welt überall gehalten worden. In den Herden Karls des Grossen wurde sie gehegt.

Merkwürdig ist, wie wenig sich die Ziege von der ältesten Steinzeit bis auf die Gegenwart verändert hat. Höchstens ist sie etwas grösser und stärker geworden, aber es ist fast dasselbe Tier, wie es schon in Schaffis vorkommt.

Die Ziege, «die Kuh des armen Mannes», ist in der Zucht stets vernachlässigt worden; man beachtete sie zu wenig, erst in der letzten Zeit hat man durch rationelle Zucht versucht, gute Rassen hervorzubringen. So bedeutend die Litteratur über das Schaf ist, so wenig finden wir die Ziege wissenschaftlich behandelt. Systematische Rasseneinteilungen gibt es noch nicht.

Freitag teilt die Hausziegen in 3 Gruppen.

I. Gruppe: Asiatische Hausziegen.

1. Die Angoraziege, Capra hircus angorensis. Kleinasien. Paschalik Anadoli stammt problematisch von der Schraubenziege ab.

2. Die indische Ziege, Hircus angorensis Indorum Fitz. soll aus der Kreuzung von schmalohrigen Kaschmir- und Angoraziegen hervorgegangen sein. Namentlich in Vorderindien.

3. Die Kaschmirziege, C. hircus laniger. Heimat das Alpenthal von Kaschmir.

4. Die schmalohrige Kaschmirziege, Hircus laniger stenotis Fitz. Aus der Kaschmir- mit der kreuzhörnigen Ziege hervorgegangen. Tipet, Nepal und Gegenden von Ostindien sind ihre Heimat.

5. Die zottige Ziege, Hircus villosus Fitz. ist in den höheren Gebirgen Tibets verbreitet.

6. Die tibetanische Ziege, Hircus villosus tibetanus.

7. Die langhaarige tibetanische Ziege, Hircus villosus tibetanus longipes.

8. Die rauhaarige tibetanische Ziege, H. villosus tibetanus rudipilis.

9. Die kreuzhörnige Ziege, H. villosus tibetanus convergens; sie ist möglicherweise aus der Kreuzung tibetanischer Ziegen und von Hemitragus jemlaicus hervorgegangen. Sie ist in Tibet, Nepal und verschiedenen Gebirgsstöcken des Himalaya zu Hause, soll von den Kirgisen bis zum Ural verbreitet worden sein.

10. Die nepalische Ziege, H. arietinus, in Nepal, dem Lande der Ghurka-Dynastie, auf Terrassen des Himalaya bis in die Hochgebirgsregion verbreitet.

11. Die Mamberziege, Capra hircus mambrica, wird hauptsächlich von den Kirgisen in West-Sibirien gezogen, nicht selten auch in Kleinasien gehalten.

12. Die burätische Ziege, H. aegagrus buraeticus Fitz., wird von den mongolischen Buräten in den Landschaften um den Baikalsee, im Gebiete Transbaikalien und im südlichen Teile von Irkutsk gezogen und soll von dort zeitweilig auch nach Kleinrussland gelangen.

13. Die tatarische Ziege, H. thebaicus tatarum, wird sowohl von den tatarischen Nomadenstämmen jenseits des Altai, wie auch von den Kirgisen am Irtisch und von den Kalmücken im Gebiete des Oelöt gehalten.

14. Die persische Hausziege, C. h. rossica Persarum Fitz., soll aus der Paarung kurzhaariger russischer Hausziegen mit tibetanischen Böcken hervorgegangen sein.

15. Die seidenhaarige Hausziege, C. h. serica Fitz., ist wahrscheinlich aus der Kreuzung von schmalohrigen tibetanischen und gemeinen Hausziegen entstanden.

16. Die arabische Ziege hat ihre Heimat in Arabien, der syrischen Wüste und ist von dort weithin verbreitet worden.

17. Die syrische Ziege kommt in den Küstenländern von Ostafrika, besonders in Unter-Ägypten und auf Madagaskar vor.

18. Die Sundaziege, von Keller auf den Sundainseln kultiviert vorgefunden.

II. Gruppe: Afrikanische Hausziegen.

Ihre Anzahl ist beträchtlich, bekannt sind folgende:

1. Die Nil- oder ägyptische Ziege, C. h. aegyptiaca steht der europäischen ziemlich nahe.

2. Die berberische Ziege, im nördlichen und nordwestlichen Afrika daheim, auch in Senegambien. In Ober-Guinea soll sie der daselbst gehaltenen Whydah-Ziege ihre Entstehung zu verdanken haben. Von Afrika aus gelangte sie auch nach Malta, Spanien und Südfrankreich.

3. Die Sudanziege, Capra hircus aethiopica Fitz. In den ältesten Zeiten in den Nilländern benutzt. Viele Schläge.

4. Die Whydahziege, siehe Nr. 2.

5. Die platthörnige Ziege, an der Westküste Afrikas. Ist auch als besondere Art angesehen worden.

6. Die Zwergziege, Hircus reversus L. u. Fitz. Hartmann und Brehm fanden eine mittelsudanesische Spielart, Capra hircus reversa, ohne sie näher zu beschreiben. Von Ober-Guinea aus gelangte sie auch nach Ostafrika, Madagaskar, Südamerika und Westindien. Die Engländer unterscheiden drei Varietäten derselben: 1. C. recurva am weitesten in Afrika verbreitet. 2. C. depressa Mauritius, Inseln Bourbon und Madagaskar. 3. Die unterägyptische Ziege am weissen Nil und zuweilen an der nordafrikanischen Küste. Fitzinger unterscheidet mehrere Varietäten von Zwergziegen, nämlich die Gazellenziege, H. reversus Gazella, die westindische Zwergziege, H. reversus nanus und die zottige Zwergziege, H. reversus villosus. In einem grossen Teile Westafrikas.

7. Die äthiopische Ziege, C. hircus æthiopica, ist der Mamberziege nahe verwandt.

8. a. Die ägyptische Ziege, C. hircus ægyptiaca ist Nr. 7 nahe verwandt. Schon seit langem bekannt.

8. b. Die nubischen Ziegen sind wahrscheinlich nur eine Varietät der äthiopischen.

8. c. Die Angola-Ziegen, Nieder-Guinea.

9. Die kurzhörnige ägyptische Ziege, H. ægyptiacus brachyceros Fitz. Heimat ist Unterägypten, von dort aus weithin verbreitet.

10. a. Die lybische Ziege, C. h. lybica, wahrscheinlich ein Kreuzungsprodukt der beiden erstgenannten Rassen.

10. b. Die Somaliziege, auf dem Gebirgsplateau des Somalilandes heimisch.

11. Die thebaische Ziege, H. thebaicus Fitz. (buckelnasige Ziege), Heimat Ober-Ägypten, soll bis Ostindien gelangt sein.

12. Die kurzohrige thebaische Ziege, H. thebaicus brachyotis Fitz. Oberägypten.

III. Gruppe: Europäische Hausziegen.

1. Die kurzhaarige russische Ziege. Soll aus der Kreuzung von Hausziegen mit Bezoarböcken hervorgegangen sein. Ihre Heimat ist Ost-Russland und West-Sibirien.

2. Die langhaarige russische Ziege soll aus der Kreuzung der kurzhaarigen mit der burätischen entstanden sein.

3. Die zottige Hausziege. Mag aus der Kreuzung gemeiner Ziegen mit berberischen Böcken entstanden sein; sie ist möglicherweise schon zur Zeit der Römer gezüchtet worden. Sie gelangte von Europa aus überall hin. Früher sollen verwilderte Ziegen dieser Art auf Inseln des Mittelmeeres, z. B. Caprosia (Capraja) und Tavolara, vorgekommen sein.

4. Die rauhaarige Hausziege ist aus der Kreuzung der gemeinen mit der zottigen hervorgegangen. Dazu gehört die Mehrzahl der deutschen, österreichisch-ungarischen, französischen, belgischen, holländischen, englischen, dänischen, russischen und skandinavischen Schläge.

Für die schweizerischen Ziegen hat Anderegg folgende Einteilung gegeben:

1. Gruppe: Rhätische Ziegen:
   - a) die Oberländer Ziege
   - b) die Oberhalbsteiner Ziege
   - c) die Engadiner Ziege
   - d) die Prättigauer Ziege

   } Gebirgsziegen.

2. Gruppe: Ziegen der Urkantone und Glarus:
   - a) Urschweizerziegen
   - b) Glarnerziegen

   } Gebirgsziegen.

3. Gruppe: Ziegen des Wallis und Tessin:
   - a) die weissschwarze Sattelziege
   - b) die rötliche Oberwallisziege
   - c) die Livinerziege.

4. Gruppe: Ostschweizerische oder alemannische Ziegen.
   - a) Toggenburgerziege
   - b) Appenzellerziege

   } Gebirgs- und Stallziegen.

5. Gruppe: Die westschweizerischen oder burgundischen Ziegen:
   - a) die Emmenthaler Ziege
   - b) die weisse Saanenziege
   - c) die Freiburger Ziege
   - d) die Fruttigziege
   - e) die Schwarzenburg-Guggisberger Ziege

   } Gebirgs- und Stallziegen.

Bei 13 dieser Schläge gibt es gehörnte und ungehörnte Tiere und nur ein Schlag, die Schwarzhalsziege, ist ausnahmslos gehörnt.

So sehr Ziege und Schaf äusserlich verschieden sind, so schwer ist es, Skelettstücke von einander zu unterscheiden, was schon der gewiegte Forscher in diesem Gebiete, Rütimeyer, selbst sagt. Am Schädel ist in dieser Beziehung besonders die Stellung der Hornzapfen, aber nicht die Form und Richtung ausschlaggebend. Die Hornzapfen des Schafes divergieren nach hinten stark von der Sagittalebene. Bei der Ziege sind sie mit ihrem grössten Durchmesser dieser Linie nahezu parallel. Fernere Unterscheidungsmerkmale am Schädel sind das Thränenbein, Nasalia und die Ausdehnung der Intermaxillen, sowie das Foramen infraorbitale, das bei der Ziege eine spaltförmige Öffnung in einer unregelmässigen Grube des Oberkiefers bildet. Beim Schaf ist es regelmässig und scharf umgrenzt und ziemlich weit offen. Die Incisiven der Ziegen besitzen längere Wurzeln als die der Schafe, deren Krone bildet eine je nach der Usur verschiedene Palette, deren Richtung wenig von der Richtung der Wurzeln nach aussen abweicht. Bei den Schafen sind die Schneidezahnwurzeln kürzer und schlanker, die Krone ist deshalb von der Wurzel weit stärker abgesetzt und bildet eine unregelmässige viereckige Palette mit einer Medianlinie, welche stark nach aussen abgebogen ist. Die Molaren der Ziege sind schlanker, bei gleicher Länge dünner als beim Schaf und schiefer nach vorn geneigt; sie bilden keine kontinuierliche Reihe, sondern sind etwas coulissenartig hintereinander gestellt. Die Kanten der Aussenwand der Zahncylinder sind bei der Ziege schärfer als beim Schafe und stehen nicht in der Mitte des Zahncylinders, sondern hinter deren Mitte, so dass die Zahncylinder wie verschoben erscheinen. An der Kaufläche, welche schiefer nach aussen abfällt als beim Schaf, erreicht der Talon niemals die volle Zahnbreite. Beim Schaf ist die ganze Zahnreihe dichter gedrängt, massiver, steiler aufgerichtet. Die einzelnen Zähne sind massiver, bei gleicher Länge dicker und vertikaler als bei der Ziege. Die äusseren Kanten der Schmelzcylinder sind stumpf und liegen in der Mitte der dadurch weit mehr symmetrischen Zahncylinder. Die Kaufläche ist fast horizontal. Vorn an jedem Backzahn ist ein Ansatz von der Breite des ganzen Zahnes; die Zähne stossen breit an einander. Die Prämolaren und Milchzähne tragen das nämliche Gepräge. Beim Schaf haben die Prämolaren oft plötzlich eine ziemlich geringere Breite als die

Molaren, bei der Ziege ist die Abnahme allmähliger. Auch die Mandibel hat einige, freilich weniger sichere Anhaltspunkte. Der horizontale Kieferast ist beim Schaf höher, weniger schlank, der aufsteigende Ast breiter, steiler und unter dem Gelenkteil weniger eingeschnürt als bei der Ziege. Das Foramen maxillare posterius liegt beim Schaf spaltartig in einer unregelmässigen, seichten Aushöhlung des ramus ascendens und der sulcus mylo-hyoideus geht vom vorderen Rand des Foramen ab. Bei der Ziege liegt die breite trichterförmige Öffnung des Alveolarkanals im Grunde einer gut begrenzten Vertiefung des aufsteigenden Astes. Die obere Backzahnreihe ist ähnlich. Die Zähne sind schlanker, schiefer und coulissenartig hintereinander gestellt, mit nach aussen schiefer Kaufläche; bei der Ziege mit mehr horizontaler als beim Schaf.

Am Skelett liefern besonders die Nagelphalangen Unterscheidungsmittel. Die Extremitätenknochen lassen sich bei sorgfältiger Vergleichung auch sortieren. Hirschähnliche Gracilität, scharfe Zeichnung der Muskeleindrücke und trockenere Knochensubstanz charakterisiert die Ziege; das Umgekehrte findet sich beim Schaf, sagt Rütimeyer. Für das ziegenhörnige Schaf der Pfahlbauten treffen die beiden ersteren Merkmale aber sicher nicht zu; ich habe gerade das Gegenteil gefunden.

Ziegenüberreste aus Schweizer-Pfahlbauten.

Das vorhandene Material, meist nur aus Hornzapfen mit anhaftenden Stirnteilen bestehend, ist nicht reichlich.

Ein bedeutenderes Schädelfragment wurde in Vinelz gefunden, das nicht so ganz mit heutigen Ziegen übereinstimmt. Es ist der Mühe wert, dasselbe näher zu betrachten. Dem Schädel fehlt der ganze linke Gesichtsteil und der linke Jochbogen, auch der rechte Oberkiefer ist nicht mehr ganz vollständig erhalten.

Das Tier, zu dem der Schädel gehört, war k l e i n e r wie unsere heutigen Ziegen, etwa von der durchschnittlichen Grösse der ziegenhörnigen Schafe. Der H i r n s c h ä d e l ist im Verhältnis zu heutigen Ziegen z i e m l i c h k u r z, h o c h u n d s e h r s t a r k g e w ö l b t. Die S t i r n b e i n k n i c k u n g mag auch ungefähr einen rechten Winkel betragen, ist aber n i c h t s o s c h a r f wie beim ziegenhörnigen Schafe. Die Hörner erheben sich von einer etwas aufgewulsteten Basis nach oben und hinten. Der Innenrand ist ziemlich scharf, der Querschnitt des Hornzapfens regelmässig linsenförmig. Beide Stirnzapfen sind auf der Stirne durch einen bis auf die Mitte der Stirnbeine hinlaufenden Wulst verbunden.

Die Länge vom Hinterhauptswulst bis zum Hinterrande der Orbita ist bedeutender als bei andern Schädeln und steht in einem ganz ungewohnten Verhältnisse zur Schädelbasis. Das Hinterhaupt ist schmal, die Stirne aber ziemlich breit. Die Augenhöhlen sind höher als lang, und ihr Rand steht stark vor. Es fehlt jede Spur von Thränengruben. Leider ist nicht die ganze Backzahnreihe vorhanden, doch kann eine sehr lange Reihe angenommen werden, deren gesamte Molarenlänge wieder in keinem Verhältnisse zur Schädelbasis steht. Ich hoffe, nachdem ich mehr Material untersucht haben werde, später doch noch einen Rassenunterschied zwischen Pfahlbau- und heutigen Ziegen angeben zu können. Ich lasse die Maasse neben denen eines Schädels von der Engstlenalp hier folgen.

	Vinelz.	Engstlenalp.
Hinterhauptswulst bis Wurzel der Nasalia	1,51	1,31
Dasselbe Bandmaass	1,85	1,16
Foramen magnum bis Gaumenausschnitt	1	1
Hinterhauptswulst bis Hinterrand der Orbita	1,23	1,10
Breite über den Ohröffnungen	1	0,86
Breite zwischen Suturae temporo-parietales	0,82	0,67
Breite zwischen den Jochbogen	—	1,20
Grösste Stirnbreite	1,26	1,02
Längsdurchmesser der Orbita	0,49	0,44
Höhendurchmesser derselben	0,51	0,39
Gaumenausschnitt bis Maxillarausschnitt	—	0,94
Gaumenlänge	—	0,32
Zahnreihe im Oberkiefer	—	0,74
Molarenlängsreihe aussen	0,60	0,47
Prämolarenlängsreihe	—	0,26
Breite zwischen den Gesichtsleisten	—	0,78
Höhe des Oberkiefers zwischen M. 1 u. P. 1	—	0,59
Gaumenbreite zwischen Mol. 2	—	0,48
Gaumenbreite zwischen Præmol. 2	—	0,35
Entfernung des Vorderrandes der Hornzapfen	29	32
Entfernung des Hinterrandes der Hornzapfen	41	52
Grösster Durchmesser an der Basis	38	35
Entfernung der Spitzen	133	127
Länge längs der grossen Kurvatur	225	160

Ein anderes Ziegenschädelstück ist ein Cranium von Font mit schönen Hornzapfen, dem leider Stirn und Gesichtsteil fehlen; es gehörte einem grösseren ausgewachsenen Tiere an, mit im allgemeinen gleichen Rassenmerkmalen wie der eben beschriebene Schädel. Die Knochensubstanz ist ziemlich feinmaschig, die Aussenflächen glatt, ohne starke Unebenheiten. Der sonst so stark runzelige und wulstige Hinterhauptsteil tritt wenig hervor und ist glatt. Von hier bis zum Stirnwulst misst der Schädel 100 mm. Die Stationen Schaffis und Lüscherz haben Fragmente geliefert, die wenig kleiner sind als dieser. Die Breite über den Ohröffnungen beträgt 80 mm., über den Suturae temporo-parietales 69 mm., Maasse, die von Fragmenten anderer Herkunft nicht ganz erreicht werden.

Die Stirnbreite zwischen dem oberen Orbitalrande macht 97 mm. aus. Auf beiden Seiten der Sagittallinie des Schädels befinden sich zwei grosse Frontalsinuse, daneben noch zwei kleinere. Das Orbitaldach steigt mässig steil gegen die Hornzapfen an, die plötzlich senkrecht sich vom Stirnbein erheben.

Die Parietalregion wölbt sich regelmässig und fällt zu beiden Seiten eines scharf in die Höhe abgegrenzten, oberen Teiles ziemlich steil ab. Rechts und links von den Hinterhauptskondylen wachsen nach hinten und biegen ihre Spitzen nach unten zwei starke Mastoidalfortsätze.

Beim Exemplare von Font ist der eine Hornzapfen zur Hälfte weggebrochen, doch kann man dabei auf eine Spitzendistanz von 125 mm. rechnen. So stark divergieren sie aber nirgends bei mir bekannten Pfahlbauziegenschädeln; am nächsten kommen Schaffis mit 103—111, Sutz 94, Vinelz mit ca. 95 mm. Die Länge der Zapfen längs der Krümmung kann nie ganz genau angegeben werden, weil die Spitzen im Wasser stets abbröckelten. Von allen Fundstücken besitzt der Schädel von Font weitaus die längsten Hornzapfen, nämlich solche von 255 mm. Etwas kürzere finden sich in Schaffis von 210, Vinelz 205, ein zweites Exemplar von Schaffis 130, ein drittes 181. Der grösste Durchmesser der Hornbasis beträgt bei Font 39 mm.; alle andern sind kleiner. Der Umfang misst 103 mm.; nur ein Schädel von Vinelz überschreitet dieses Maass, die andern bleiben alle zurück. Die Distanz des Vorrandes der Hornwurzeln ist beim Schädel von Font 31 mm., bei andern Stationen 28—35, bei einem Fragment von Sutz sogar 40. Letzteres ist auch noch durch die sehr stark nach hinten gehenden Hornzapfen von andern verschieden. Bei allen erwachsenen Ziegenschädeln bemerkt

man je eine vom inneren Hornwurzelrand sich schräg über die Stirnbeine hinziehende Leiste, die sich fast mitten auf der Stirn treffen und vereinigen, ein Vorkommnis, das nur diesen eigen ist. Die Entfernung des Hinterrandes der Hornwurzeln ist auch sehr konstant, bei Font 63, bei den übrigen 57—66 mm. Die Lage der Hörner auf den Stirnbeinen der Ziege erlaubt ihnen eben keine so grossen Schwankungen wie beim Schafe. Es ist von den bedeutendsten Forschern gesagt worden, dass man weder in der Steinzeit, noch in der Bronzeperiode, aus welchem Zeitraume übrigens nur drei Hornzapfen in Bern vorhanden sind, noch in Fragmenten aus historischer Zeit ein von der heutigen Ziegenrasse verschiedenes Tier aufstellen könne; dass das nicht so ganz richtig ist, beweist schon der eingangs dieses Abschnittes beschriebene Schädel von Lüscherz. Nach den vorhandenen Stirnteilen lässt sich aber kein gültiger Schluss ziehen, wir müssen noch warten, bis uns neue Funde mehr Licht in die Sache bringen.

Nach dem vorhandenen Schädelmaterial können wir aber sagen, was wir schon vom Schaf bemerkt, dass das in den ältesten Ansiedelungen kleine Tier im Laufe der Zeiten grösser gezüchtet wurde.

Von grossem Interesse ist der von Prof. Studer in den «Mitteilungen der Berner Naturforschenden Gesellschaft» beschriebene Hornzapfen aus Lattrigen, welcher der Capra aegagrus oder einer naheverwandten Rasse angehört haben muss.

Abweichende Hornzapfen von mehr rundlichem Querschnitt fielen mir in der Schaffiser Ausbeute auf, die aber ihrer starken Verwitterung wegen keine nähere Beschreibung und Vergleichung zulassen.

Von Extremitätenknochen der Ziege konnten für die älteste Niederlassung Schaffis keine sicher nachgewiesen werden. In Lattrigen fanden sich hübsche Metacarpalia von folgenden Dimensionen:

Länge	102—108 mm.
Breite der Diaphyse	15— 16
» » Epiphyse oben	22— 24
» » » unten	25— 27

Die 177 mm. langen Femora sind stark und schwer, der obere Gelenkkopf ist regelmässig halbkreisförmig, der Trochanter major stark entwickelt, ebenso der Trochanter minor, beide verbunden durch die zu einer Crista gewordene Linea intertrochanterica. Die Linea aspera femoris tritt ausgeprägt hervor und zieht sich weit nach unten, die Fossa poplitea ist innen rauh und uneben und die beiden Gelenk-

rollen gehen hinten weit nach oben. Die Patellargrube stellt sich schräg zum Knochen. Im Ganzen ist der Femur kleiner als bei heutigen Ziegen, ohne dabei an Plumpheit etwas einzubüssen.

Die Metatarsen haben eine

Länge von	110—116 mm.
Diaphysenbreite	11— 13
Obere Epiphysenbreite	19— 21
Untere » »	24

Diese, wie auch die Metacarpen sind bedeutend kürzer als bei heutigen Ziegen.

Von Lattrigen sind zwei Metatarsen vorhanden; sie sind in der oben angegebenen Reihenfolge gemessen.

1.	109	113
2.	12	12
3.	18	19
4.	23	24

Dass dieselben wenig kleiner sind, ist wohl nur Zufall.

Metacarpalia (Taf. I, Fig. 7) fanden sich wieder in Sutz und haben folgende Grössen:

1.	101—103
2.	14
3.	22
4.	25

Sie stimmen alle unter sich merkwürdig überein, verglichen mit Lattrigen sind sie kleiner nnd schlanker.

Zwei Metatarsalia stimmen eben so gut unter sich überein.

1.	107
2.	11—12
3.	18
4.	22

Auch für die Extremitätenknochen der Ziege finden wir von den älteren Stationen bis zu den jüngeren der Steinzeit eine Vergrösserung der Rasse, aber nicht in so hohem Maasse wie beim Schafe, dabei scheint jene schon von Anfang an dieses an Grösse übertroffen zu haben. Glücklicherweise fanden sich aus dem Bronzepfahlbau Mörigen verschiedene Ziegenknochen vor. Von der vorderen Extremität sind es vor allem aus zwei starke Radien, einer mit ansitzendem Ulnarteil; ihre Länge beträgt 161 und 164 mm., die Breite 19 und 17 mm. Beide sind schwere, plumpe Knochen, gegen welche ein zierlicher kleiner Metacarpus auffällt. Es ist seine

Länge	107 mm.
Breite der Diaphyse	14
Obere Epiphysenbreite	22
Untere » »	25

Von der hinteren Extremität besitzen wir eine grosse Tibia von 217 mm. Länge; sie ist plump und gehört einem sehr starken Tiere. Dagegen recht zierlich ist wiederum das Metatarsale.

1.	110
2.	13
3.	19
4.	23

Nach diesen Befunden scheint die Bronzeziege auch grösser gewesen zu sein als in der vorhergehenden Steinzeit. Nach diesen paar Knochen darf man aber kaum wagen, einen Schluss auf Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit der Steinzeitziege zu ziehen; dazu gebraucht man Schädelmaterial; hingegen darf man mit Recht behaupten, dass die Pfahlbauziegen insgesamt kleiner waren als unsere jetzt lebenden Schweizerziegen.

Durchschnittsmaasse für die langen Knochen der lebenden ergeben für den Humerus 167, Radius 173, Metacarpus 123, Femur 193, Tibia 237, Metatarsus 130 mm.

	Metac.	Metat.
Breite der Diaphyse	16	13
» » oberen Epiphyse	26	23
» » unteren »	31	28

Diese Maasse werden von Ziegenknochen aus den schweizerischen Pfahlbauten niemals erreicht.

Betrachtet man die gesamten Pfahlbaustationen von der ältesten Ansiedelung bis zur jüngsten Steinzeit, so erkennt man aus der Menge und Art der Knochenreste den jedesmaligen Stand der Viehzucht; dieselbe hat sich aus den primitiven Verhältnissen von Schaffis von Station zu Station immer mehr entwickelt, bis sie zuletzt in der Bronzestation Mörigen von der aufblühenden Landwirtschaft wieder mehr in den Hintergrund gedrängt wurde. Die blühendste Zeit der Viehzucht ist für das Zeitalter der Pfahlbauten in der jüngeren Steinzeit zu suchen.

Es ist hier vielleicht am Platze, mit ein paar Worten einer irrigen und tief eingewurzelten Meinung, die selbst von bedeutenden Historikern immer wieder aufs neue kolportiert wird, entgegenzutreten. Ich meine

nämlich, der Ansicht über das Alter unserer schweizerischen Pfahlbauten. Wenn man von jener Zeit spricht, so denkt man sich unwillkürlich in eine Periode von zwei- bis dreihundert Jahren vor der Invasion der Römer in Helvetien (58 a. Ch.) hinein. Eine solche Ansicht findet sich sogar in neuen Lehrbüchern der Schweizergeschichte niedergeschrieben. Aus den Zuständen der Artefakten und den Überbleibseln, welche mehr den Zoologen interessieren, habe ich mir daraus Folgendes aufgebaut:

Die ersten sesshaften, auf Pfählen wohnenden Steinmenschen waren in unser Land eingedrungen und hatten die nomadisierenden Ureinwohner der Glacialzeit, soweit sie nicht schon dem Renntiere nach Norden gefolgt waren, verdrängt, sich an den Ufern unserer Seen ihre Heimstätten bauend. Als älteste Niederlassungen haben wir, nach dem Zustande der Artefakten, diejenigen von Moosseedorf, Wangen, Wauwyl und Schaffis anzusehen.

Die Schaffiser Pfahlbauten haben uns eine Kulturschicht von zwei Fuss Mächtigkeit hinterlassen, die vollgepfropft ist von Abfällen, Tierknochen und Artefakten aller Art. Es wird jedermann einleuchten, dass die Pfahlbauer nicht alle Tage ihre kostbaren Nephritbeile und mühsam angefertigten Steinwerkzeuge ins Wasser plumpsen liessen, oder wenn das geschah, sicher dieselben baldigst wieder aus der geringen Tiefe hervorholten. Auch blieben nur die wenigsten Knochen auf dem Ufergrunde liegen, das Meiste wurde durch die Wellen weit weggeführt. Bis dass eine zwei Fuss mächtige Kehrichtschicht da abgelagert war, konnten manche Generationen über den Wellen kommen und gehen und ihren Beitrag dazu geben. Alle Werkzeuge aus Horn und Knochen, sowie die Skelettstücke sind durch das allmählige Eindringen von Humussubstanz bis ins Innere dunkelbraun bis fast schwarz gefärbt.

In die jüngere Steinzeit fällt das reiche Pfahldorf Lüscherz mit seinen charakteristischen, durchbohrten Steinhämmern. Die Anfertigung dieser Instrumente musste gelernt und erprobt werden, bis sie allgemein wurde; das ging auch nicht so schnell. Über 2000 Artefakten und ungezählte Knochenreste wurden der 1—1½ Fuss dicken Kulturschicht von Lüscherz enthoben. Es brauchte eine lange Zeit, bis das alles abgelagert war. Die Knochen sind hier von lichterer Färbung. In diese Zeit fallen auch Lattrigen, Lüscherz und Vinelz.

Diese Steinmenschen wurden vertrieben durch die einbrechenden Horden des Bronzevolkes, die andere Haustiere mit sich brachten, aber

auch noch die Gewohnheit hatten, auf dem Wasser zu wohnen. Sie rammten ihre Pfähle nie an derselben Stelle ein, wo ihre Vorläufer, man findet niemals auf einer Steinkulturschicht eine solche aus der Bronzezeit. Wohl aber, wie in Mörigen, beide nicht weit von einander entfernt. Nahe bei der dortigen grossen Bronzestation findet sich eine Niederlassung aus der Steinzeit mehr dem Ufer genähert. Die dortige Bronzestation hinterliess eine Kulturschicht von 2—2½ Fuss Mächtigkeit. Man denke sich den Zeitraum, bis das alles sich im Seegrunde angehäuft hatte! —

Es ist noch ein anderes Moment, welches für das ungeheure Alter der Pfahlbauzeit spricht, nämlich die kolossale Masse der Tierknochen. Es wurden in den meisten Stationen Körbe und Säcke voll Knochen ans Tageslicht gefördert, ganze Wagenladungen wanderten in Knochenmühlen. Denkt man sich dieses Material in lebendes Vieh umgesetzt, so bekäme man eine Herde, deren Last genügt hätte, nicht nur ein einzelnes, sondern sieben Pfahldörfer in den See zu drücken.

Man dachte sich immer, die ganze Ausbeute eines Dorfes sei bei einer Katastrophe zusammen so in den See gestürzt worden, wie man sie gerade fand; dass dem nicht so sein kann, haben wir eben gesehen. Die Kulturschicht vergrösserte sich nur ganz langsam; von einem Tiere gelangten auch selten alle Knochen in den See, die kleineren wurden von Hunden aufgefressen. Beim Untergang eines Pfahldorfes durch Feuer kamen sicher nur eine geringe Anzahl von Artefakten und andern Überbleibseln zu der schon viele Jahrhunderte alten Ablagerung auf dem Seegrunde.

Der Urwald wurde nun allmählig gelichtet, und die Menschen verliessen ihre schwankenden Pfähle und bauten sich auf dem Lande an. Die Kultur entwickelte sich nach und nach in einer Weise, welche derjenigen der späteren Griechen kaum viel nachstund; neben der Bronze lernte man auch Eisen gebrauchen und zu Waffen schmieden. Man findet da die prachtvollen Bronzen von Hallstadt etc. Die schöne Urne von Grächwyl im Berner Museum mit dem Weibe, das zwei Hasen hält, gehört auch in diese neue Zeitepoche. Diese Graburne ist eine Zierde der bernischen antiquarischen Sammlung. Wir treffen in dieser Periode einen Kulturzustand, der sich über ganz Mitteleuropa und Italien bis nach Hellas und Kleinasien erstreckte. Es ist die sogenannte Hallstädterepoche. Diese Periode trifft zusammen mit der Zeit der alten Pelasger in Griechenland, die zur Zeit der do-

rischen Einwanderung 1104 a. Ch. wohl schon im tiefsten Niedergange waren. Damit haben wir zum ersten Mal einen Anhaltspunkt, mit Hülfe dessen wir uns orientieren können. Wenn man bedenkt, wie lange es brauchte, bis die menschliche Kultur von den ersten Bronzeleuten, die am Lande sich festsetzten und bis zum Gipfelpunkte einer hohen Kunst sich emporgearbeitet hatten, und auf der andern Seite, wie lange es dauerte, um wieder all das Erlangte zu vergessen, sodass die Geschichte nicht die geringste Spur von ihrem Vorhandensein kennt, — bis zur ersten historischen Nachricht in Hellas, also 1104 a. Ch., dann darf man wohl vermuten, dass die ersten Pfahlbauer der Steinzeit so weit von der ersten geschichtlichen Dämmerung entfernt waren, wie wir jetzt, und wir jene Zeit nicht nur ein paar hundert Jahre, eher ein paar tausend Jahre, vor Christo setzen müssen.

Litteratur.

Anderegg, F. Die Schweizerziegen.
Blanford, W. S. Proc. Zool. Soc. of London 1884.
Blasius. Säugetiere Deutschlands.
Bojanus. Nova Acta Acad. Nat. Cur. 4.
Bronn. Klassen und Ordnungen.
Brooke. Proc. Zool. Soc. of London 1875.
Brehm. Tierleben.
Buffon. Histoire Naturelle, Vol. 11.
Cuvier. Ossemens fossiles, Vol. 4.
» Règne animal.
Darwin. Über das Varieren der Tiere und Pflanzen.
» Über die Entstehung der Arten.
Flower, W. H. An Introduct. to te Study of Mammal.
Freytag, C. Tabellarische Übersicht der europäischen Schafrassen.
» Artikel «Ziegen». Encyklopädie der gesamten Tierheilkunde und Tierzucht, Bd. XI.
Gervais. Zoolog. et Paléontol. française.
Gibel. Die Säugetiere.
Gurlt. Vergleichende Anat. der Haussäugetiere.
Hume, A. O. Proc. Zool. of London 80.
Jeiteles. Der Pfahlbau von Olmütz. Mitteilungen der anthr. Gesellschaft Wien 1872.
Low. *Histoire* naturelle des animaux domestiques de l'Europe.
Löbe, W. Die Ziegenzucht, in Voigts Landwirtsch. Volksbüchern, Nr. 30.

Lyddeker. Crania of Ruminants. Memoirs of the Geolog. Survey of India.
Marcel des Serres. Ossemens humatiles de Lunel Viel.
Milne-Edwards. Recherches pour servir à l'histoire des mammifères 1868—74.
v. Nathusius, H. Vorträge über Schafzucht 1880.
Naumann. Die Pfahlbauten am Starnbergersee. Berichte der Münchner Akademie.
Nehring, A. Deutsche Landwirtschaftl. Presse 1891.
Owen. British fossiles Mammalia.
Parker & Bettani. Morphologie des Schädels.
Pohlig, H. Berichte des Landw. Inst. der Universität Halle 1887.
Pomel. Catalogue des Vertébrés foss. 1853.
Pomerol. Assoc. franç. pour l'avance des sciences. 79.
Radde G. & Walter A. Zoolog. Jahrbücher. Abt. für Systematik 89. 4.
Rost & Hadrup. Die nutzbringende Ziegenzucht 1892.
Rütimeyer. Tertiäre Rinder und Antilopen. Schweiz. Paläontol. Gesellschaft. Vol. 4. 77. 5. 78.
» Über Art und Rasse des zahmen europäischen Rindes. Archiv für Anthrop. 2.
» Die Rinder der Tertiärepoche. Abhandl. der Schweiz. paläont. Gesellschaft.
» Die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz. Neue Denkschr. 1862.
» Über die Herkunft unserer Tierwelt.
» Versuch einer natürlichen Geschichte des Rindes.
Sanson, A. Traité de Zootechnie.
Schlachter, L. Über Aegoceros Pallasii. Wiegmann Archiv, 47. Jahrg. 1881.
Schreber. Die Säugetiere.
Sklater, P. L. Proc. Zool. Soc. of London 1860.
Stieger, G. Studium zur Monographie der Haidschnucke. Journal für Landwirtschaft 1888.
Strobel. Specie di vertebrati di cui si trovarono avanzi nelle mariere dell'Alta Italia.
Studer, Th. Die Tierwelt in den Pfahlbauten des Bielersees. Mitt. der Nat. Ges. Bern 1883.
Tschudi. Tierleben der Alpenwelt.
Tilesius. De Aegocerote, Argalide Pallasii. Nova acta Nat. Cur. 12. 1.
Uhlmann. Über Tierreste und Gebissteile. Bern, Mitt. der Nat. Gesellschaft 1868.
Ulrich, J. Leitfaden für die Verbreitung, Pflege und rationelle Zucht der Ziegen. 1892.
Ward. Proc. Zool. Soc. of London 1874.
Wallace. Farm Live Stock of Great Britain 1889.
Wilkens, M. «Das Schaf». Encyclopädie der ges. Tierheilkunde. Bd. 9.
» Grundzüge der Naturg. d. Haustiere.

G. Huber.

Sternschnuppen und Meteorite.

(Vorgetragen in den Sitzungen vom 3. und 17. Februar 1894.)

Sternschnuppen oder **Meteore** sind meist kleine, gleich den Planeten um die Sonne sich bewegende dunkle Körper, die nicht in der Erdatmosphäre entstehen, sondern **kosmischen Ursprungs** sind und die, wenn sie bei ihrer Bewegung durch den Himmelsraum der Erde nahe kommen, von derselben angezogen werden, die obern Schichten der Atmosphäre mit grosser Geschwindigkeit durchschneiden, dabei glühend und leuchtend werden und manchmal zur Erde fallen.

In den meisten Nächten leuchten nur einzelne am Himmel auf, sie heissen **sporadische** Sternschnuppen, während in manchen Nächten unzählig viele den Himmel durchschneiden und sogenannte **Meteorregen** oder **Meteorschauer** erzeugen. Es sind dies Teile von **Sternschnuppenschwärmen** oder **Meteorströmen,** Teile einer ganzen Wolke von Meteoren, die alle eine gemeinsame Bahn um die Sonne durchlaufen, welche an einer bestimmten Stelle die Erdbahn schneidet.

Nach dem Grade ihres Glanzes unterscheidet man **Sternschnuppen, Boliden** und **Feuerkugeln.** Die letzteren treten oft mit ausserordentlich grosser Lichtentwicklung auf, bei Nacht alles taghell erleuchtend, und so hell, dass schon am Tage solche gesehen wurden. Sie ziehen bei ihrer Bewegung gewöhnlich einen mehr oder weniger glänzenden Schweif hinter sich her, der oft noch leuchtet, wenn die Kugel schon längst erloschen ist und eine beträchtliche Länge erlangt. Man hat Feuerkugeln beobachtet, deren Schweife bis eine Stunde lang sichtbar blieben und solche, deren Schweife bis 200 Kilometer lang waren. Die **Boliden** sind heller als die hellsten Sterne, erreichen aber nicht den Glanz der Feuerkugeln; sie vermitteln den Übergang von den Sternschnuppen zu den Feuermeteoren.

Diejenigen Meteore, welche auf die Erde niederfallen, heissen **Aërolithen, Meteorite** oder **Meteorsteine.** Das Niederfallen ist gewöhnlich von donnerähnlichem Getöse, Detonationen, begleitet. Manchmal kommen ganze Wolken von Aërolithen gleichzeitig auf parallelen Bahnen zur Erde nieder. Ein solcher Meteorsteinregen fand unter starker Lichterscheinung und Detonation am 26. April 1803 zu l'Aigle in der Normandie statt; es wurden auf einer Fläche von etwa 3 Quadratmeilen über 2000 Steine gefunden von 7 bis 8 Kilogramm Einzelgewicht. Die grössern derselben waren noch heiss und rochen nach Schwefel; sie liessen sich anfänglich leicht brechen, wurden dann aber hart. Beim Steinregen am 9. Juni 1866 zu Knyahinya (Ungarn) hatte die Hauptmasse ein Gewicht von 300 Kilogramm; sie war von etwa 1000 kleineren Steinen begleitet, die in einem Flächeninhalte von 2 Meilen Länge und $^3/_4$ Meilen Breite zerstreut waren.

Den Sternschnuppen und Feuerkugeln wurde in den ältesten Zeiten sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt; selbst dann nicht, wenn sie in sehr grosser Anzahl, als Meteorregen auftraten, oder wenn ein Niederfallen von Meteorsteinen erfolgte. Man betrachtete sie zuerst für wirklich fallende Sterne und später für den Irrlichtern ähnliche, atmosphärische Erscheinungen. Sogar der Astronom Lalande teilte am Ende des vorigen Jahrhunderts diese Ansicht, indem er in seiner im Jahr 1792 erschienenen «Astronomie» sagte: «Die Atmosphäre ist immer von Ausdünstungen, von Dämpfen oder von elektrischen Feuern erfüllt, daraus entstehen eine Menge von Meteoren und namentlich von solchen Feuern, welche man manchmal für fallende Sterne hält, welche aber nichts anderes sind, als leichte Dünste, deren Licht nur einen Augenblick dauert; wenn sie uns nahe kommen, so erscheinen sie uns als Feuerkugeln».

Rühmlich hervorzuheben sind die **Chinesen,** indem sie wenigstens die wichtigsten Sternschnuppenregen und Meteorsteinfälle aufzeichneten; die älteste Aufzeichnung stammt aus dem Jahre 687 vor Christi Geburt.

Bei den alten **Griechen** waren es nur wenige, welche richtigere Ansichten von den Meteoren hatten. Als um 365 vor Christi Geburt in Thracien am hellen Tage ein Eisenblock von der Grösse eines Mühlsteins niederfiel, soll Anaxagoras die Ansicht geäussert haben, derselbe möchte von der Sonne herabgefallen sein. Auch Plutarch betrachtete sie als kosmischen Ursprungs.

Die **Araber,** welche im Mittelalter die Astronomie pflegten, als sie im Abendlande ganz darniederlag, scheinen den Meteoriten eben-

falls einige Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, es rühren verschiedene Aufzeichnungen von ihnen her. Ob aber der »heilige schwarze Stein« in der Kaaba zu Mekka wirklich vom Himmel gefallen sei, wie die Mohamedaner glauben, also ein Meteorstein sei, ist nicht vollkommen sicher.

Im **Abendlande** wurde bis zum 16. Jahrhundert wenig Notiz genommen von den Meteorerscheinungen, und es sind nur wenige Aufzeichnungen über Meteorsteinfälle vorhanden. So fiel am 7. November 1492 gegen Mittag unter grossem Getöse zu Ensisheim im Elsass ein zirka 3 Zentner schwerer Meteorstein zur Erde, von dem noch ein Stück in der Kirche daselbst aufgehängt ist. Im 16. und 17. Jahrhundert wurde zwar das Interesse an diesen Erscheinungen etwas grösser, aber ohne dass eine Erklärung versucht worden wäre. Im Jahre 1697 forderte **J. J. Scheuchzer** seine Zeitgenossen auf, den Naturerscheinungen und speciell den Meteoriten grössere Aufmerksamkeit zu schenken, aber ohne Erfolg. Er selbst hat in seinen »Naturgeschichten des Schweizerlandes« (Zürich 1706—1708) eine wertvolle Reihe solcher Erscheinungen aufgezeichnet. Aus dieser Zeit datiert auch der älteste bekannte schweizerische Meteorit, der im Jahre 1698 am 18. Mai abends zwischen 7 und 8 Uhr zu Hinter-Schwendi bei Walkringen im Kt. Bern unter grossem, bis nach Zürich gehörtem Getöse niederfiel. Der Stein wurde vom dortigen Pfarrer Jakob Dünki (später Pfarrer in Münsingen) an die Bibliothek in Bern gesandt, ist aber seither spurlos verschwunden (vgl. B. Studer, der Meteorstein von Walkringen in Bern. Mitteilung Nr. 792).

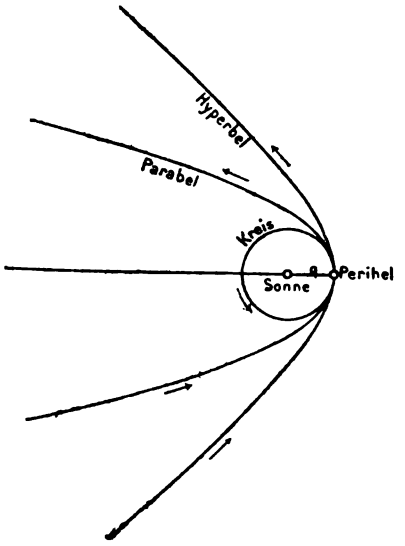
Im Anfang des 18. Jahrhunderts leistete **Halley** den Nachweis von der kosmischen Natur der Meteoriten, aber ohne damit Anklang zu finden. Der Erste, der sich mit Erfolg bemühte, den kosmischen Ursprung der Meteorsteine, sowie ihren Zusammenhang mit den Feuerkugeln und Sternschnuppen, klar zu machen, war **Chladni,** am Ende des 18. Jahrhunderts. Wenn Chladni im Anfang wenig Anerkennung und wenig Anhänger fand, so bereitete sich nach und nach doch ein Umschwung der Ansichten vor. Die grössten Gegner der richtigen Ansicht waren die Gelehrten der **Pariser Akademie**, sie glaubten nicht an die Wirklichkeit von Meteorsteinfällen und leugneten die ihnen gemeldeten Fälle einfach weg, ohne sich auf Erklärungen einzulassen. Erst als die Thatsachen sich häuften, nach dem schon erwähnten grossen Steinregen zu l'Aigle im Département de l'Orne im Jahre 1803, sandte die Pariser Akademie **Biot** zur Untersuchung ab, und auf dessen

Bericht hin änderte sich ihre frühere Meinung, sie wagte nicht mehr an dem kosmischen Ursprung der Meteoriten zu zweifeln, und wendete von da an diesen Erscheinungen grosse Aufmerksamkeit zu.

Im Herbst 1798 begannen zwei Göttinger Studenten, **Brandes** und **Benzenberg**, ihre Beobachtungen nach eigens angelegtem Plan und veröffentlichten im Jahre 1800 ihre wertvollen Resultate und Berechnungen. Diese waren derart, dass ebenfalls nicht länger an der kosmischen Natur der Sternschnuppen gezweifelt werden konnte. Auf dem so eröffneten Gebiete stellten sich nach und nach andere Mitarbeiter ein, von denen besonders **Olbers, Quetelet, Heis** und **Schmidt** zu erwähnen sind, und alle diese sind der Ansicht Chladnis, dass die Meteore Körper sind, welche sich durch den Himmelsraum bewegen und erst dann sichtbar werden, wenn sie in die irdische Atmosphäre eingedrungen sind, indem sie sich infolge des Luftwiderstandes bis zum Glühen erhitzen, sogar zum Teil in derselben verbrennen, wobei die allfälligen Rückstände als Meteorstaub oder Meteorsteine zur Erde niederfallen. Diese Ansicht ist durch allseitige fleissige Beobachtung seit einigen Jahrzehnten als eine völlig unbestreitbare Thatsache anerkannt worden, und auf dieser Voraussetzung gründete nun **Schiaparelli** in Mailand eine vortrefflich ausgearbeitete astronomische Theorie der Sternschnuppen, die vom Jahr 1866 an datiert, und erst durch diese ist die Rolle der Meteore in ihrer vollen Bedeutung zu Tage getreten, und auf Grund derselben sind weitere Fortschritte gemacht worden.

Die **Höhen,** in welchen die in unsere Atmosphäre eindringenden Meteore zuerst sichtbar werden, sind sehr verschieden und variieren von 5 bis 20 geographische Meilen; im Mittel kann sie zu 15 Meilen oder zu 100 Kilometer angenommen werden. Diese Höhe ist bedeutend grösser, als diejenige, welche man seit langer Zeit als obere Grenze der Erdatmosphäre angenommen hat, denn aus Dämmerungserscheinungen wurde diese nur 8 bis 10 geographische Meilen hoch gefunden. Dieser Unterschied ist aber leicht zu erklären, denn die Dämmerungserscheinungen geben nur diejenige Grenze an, oberhalb deren die Atmosphäre nicht mehr dicht genug ist, um eine für uns wahrnehmbare Lichtmenge zu reflektieren, während die Dichte derselben noch hinreicht, um dem Meteoriten einen solchen Widerstand entgegenzusetzen, dass er glühend wird. Ueberdies hat Tyndall durch Experimente gezeigt, dass ein Raum mit Materie erfüllt sein kann, ohne Licht in wahrnehmbarem Maasse zu reflektieren, so dass er optisch leer erscheint.

Die **Geschwindigkeit,** mit welcher die Meteore der Erde begegnen, ist ebenfalls sehr verschieden. Sie ist von derselben Ordnung wie diejenige der Planeten und wird im Mittel etwa gleich der $1^1/_2$fachen Geschwindigkeit der Erde, also zu 6 Meilen angenommen. Ein Körper, der sich in einer Parabel um die Sonne bewegt, erreicht seine Maximalgeschwindigkeit in der Sonnennähe, im Perihel. Ist seine Periheldistanz = q, so ist diese Maximalgeschwindigkeit $\sqrt{2} = 1{,}414$ mal so gross, als die Geschwindigkeit eines Körpers, der sich in einem Kreise vom Radius q um die Sonne bewegt, dessen Geschwindigkeit als Einheit genommen wird; man bezeichnet daher 1,414 als **parabolische Geschwindigkeit.** Ist die Maximalgeschwindigkeit im Perihel, bei gleicher Periheldistanz noch grösser als 1,414, so bewegt sich der Körper in einer Hyperbel, und eine Geschwindigkeit grösser als 1,414 heisst **hyperbolische Geschwindigkeit.**



Nimmt man nun als Bewegung im Kreise die Bewegung der Erde in ihrer Bahn, mit einer mittleren Geschwindigkeit von 4 Meilen zur Grundlage, und ist v die wirkliche Geschwindigkeit eines Meteors gegen die Sonne, die sogenannte heliocentrische Geschwindigkeit bei seiner Begegnung mit der Erde, so ist seine Geschwindigkeit eine elliptische, parabolische oder hyperbolische, je nachdem das Verhältnis $\frac{v}{4} \lessgtr 1{,}414$ ist, und je nachdem einer dieser Fälle eintritt, bewegt sich der Körper in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel um die Sonne, wenn er in den Bereich ihrer Anziehung gelangt. Da nun die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen zu 6 Meilen angenommen wird, so kommt sie der parabolischen nahe, so dass die Bahnen der Sternschnuppen, besonders die der sporadischen, vorherrschend Ellipsen oder Hyperbeln sind, welche sich der parabolischen Grenze nähern.

Bei den Feuerkugeln scheint die hyperbolische Bahn vorherrschend zu sein. Der grosse Meteorforscher, Professor von Niessl in Wien,

hat 11 Feuerkugeln untersucht, die zwischen dem 5. und 28. November aus einem Punkte in der Nähe der Plejaden, im Mittel $\alpha = 59^0$, $\delta = +20^0$ herkamen. Unter diesen befanden sich 9, für welche die Geschwindigkeit aus Dauerschätzungen ermittelt werden konnte, und diese ergab nur in zwei Fällen so kleine Werte, 37 bis 41 Kilometer, dass man auf eine elliptische Bahn schliessen könnte, während für die 7 andern sich hyperbolische Geschwindigkeiten (53 bis 100 Kilometer) ergaben, welche nur die Annahme von hyperbolischen Bahnen gestatten. Bei verschiedenen, in den letzten Jahren beobachteten Feuerkugeln, fand von Niessl ebenfalls ausgesprochen hyperbolische Geschwindigkeiten. Ferner konnte unter allen zur Erde gefallenen Meteoriten nur für **zwei** die Geschwindigkeit vollständig sicher abgeleitet werden, nämlich für die Steinfälle von Pultusk und von Orgueil (14. Mai 1864); dieselbe hat sich als nahezu doppelt so gross erwiesen als die Geschwindigkeit der Erde, was wieder auf hyperbolische Bahnen führt; die Annahme, dass es Meteoriten gibt, die sich in hyperbolischen Bahnen bewegen, kann daher nicht bezweifelt werden.

Sowie in grosser Entfernung die unter starker Lichtentwicklung durch die Atmosphäre ziehenden Meteoriten und Feuerkugeln den Eindruck von Sternschnuppen machen, so kann in einzelnen Fällen auch umgekehrt der Erscheinung von Sternschnuppen derselbe Grund, die grosse Entfernung, zu Grunde liegen. Aus diesem und später noch zu erörternden wichtigen Gründen können wir Meteoriten, Feuerkugeln und Sternschnuppen als Körper derselben Klasse ansehen, und wenn die Beobachtung der erstern auf hyperbolische Bahnen führt, so werden diese auch für die Sternschnuppen gelten. Nach dem Ausspruche von Professer von Niessl steht uns nichts im Wege, für die sogenannten sporadischen Meteore hyperbolische und elliptische Bahnen anzunehmen, unter welchen vielleicht solche, welche sich dem parabolischen Grenzwerte am meisten nähern, die häufigsten sind.

Begegnet nun ein Meteor mit einer mittleren Geschwindigkeit von 6 geographischen Meilen pro Sekunde der Erde, die selbst mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen durch den Weltraum fliegt, wobei seine Geschwindigkeit infolge der Anziehung der Erde noch um beinahe eine Meile vergrössert wird, so setzen die äussersten und dünnsten Schichten der Erdatmosphäre dem Körper einen solchen Widerstand entgegen, dass seine Bewegung gehemmt wird und er in sehr kurzer Zeit einen grossen Teil seiner lebendigen Kraft verliert. Dieser Verlust an lebendiger Kraft infolge der Reibung in der Atmosphäre

setzt sich aber in **Wärme** um, der Körper wird weiss glühend, schmilzt und verdampft teilweise, oder, wenn der Meteor klein genug ist, was meistens der Fall ist, so löst er sich ganz in Dampf auf und lässt einen Schweif von glühenden Dämpfen hinter sich zurück, daher das plötzliche Verschwinden derselben.

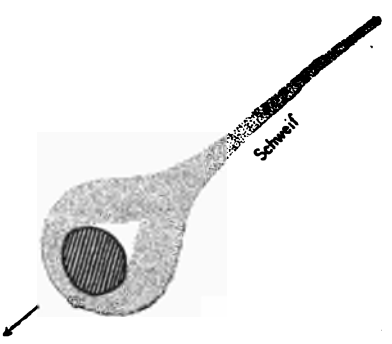
Was den Einfluss des **atmosphärischen Widerstandes** auf die Geschwindigkeit der Meteore anbetrifft, so findet Schiaparelli durch eine mathematische Untersuchung, dass der Geschwindigkeitsverlust bloss von der Luftmenge abhängt, mit welcher der Körper in seiner Bahn zusammentrifft, aber nicht von dem Gesetze, nach welchem die Luft bei Bezug auf ihre Dichte verteilt ist, und auch nicht von der Länge des durchlaufenden Weges. Aus dem Satze, dass der Luftwiderstand direkt proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit des Meteors, folgt die merkwürdige, schon von Benzenberg erkannte Thatsache, dass die Bewegung der Meteore, wenn ihre Geschwindigkeit bedeutend abgenommen hat, nur noch zum kleinsten Teil von der Anfangsgeschwindigkeit abhängig ist, so dass die Geschwindigkeit unter übrigens gleichen Umständen, in derselben Höhe nur wenig verschieden ist. Durch Rechnung hat Schiaparelli gezeigt, dass von 2 Meteoren, von denen das eine mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 72 Kilometer, das andere mit einer solchen von nur 16 Kilometer in die Erdatmosphäre eindringt, das erstere in einer Höhe, wo der Luftdruck nur 1,508 mm beträgt, bereits $^{8}/_{9}$ seiner Geschwindigkeit und $^{80}/_{81}$ seiner lebendigen Kraft eingebüsst hat, während das zweite in den tiefern Regionen der Atmosphäre, wo der Druck 2,463 mm beträgt, nur $^{3}/_{4}$ von seiner Geschwindigkeit und $^{15}/_{16}$ seiner lebendigen Kraft eingebüsst hat. Es folgt also, dass das erste Meteor, das nicht so tief herabsteigt, wie das zweite, langsamer sich bewegende, doch 21 mal mehr an lebendiger Kraft verloren, d. h. in Wärme umgesetzt hat, als das zweite und dass die langsamer sich bewegenden Meteore tiefer herabsteigen als die raschen.

Hieraus ergibt sich der wichtige Schluss, dass die stärker leuchtenden Meteore durchschnittlich auch entfernter vom Erdboden sein müssen, als die weniger stark leuchtenden, welcher Schluss durch die Beobachtungen bestätigt wird.

Die **Wärmemenge,** welche bei der Bewegung des Meteors infolge des Luftwiderstandes durch Reibung erzeugt wird, kann nicht genau bestimmt werden, da man nicht weiss, ob die gesamte von dem Meteorkörper geleistete mechanische Arbeit in Wärme verwandelt wird

und wie viel von letzterer zur Erhitzung des Meteors verbraucht wird. Man kann immerhin annehmen, dass an der Oberfläche der Meteoriten die Temperatur mehrere tausend Grade erreichen kann, welche für eine Schmelzung der Oberfläche hinreichen. Die Temperatur erreicht ihr Maximum gleich nach dem Eintritt in die Atmosphäre, die Grösse desselben hängt nur ab von der Anfangsgeschwindigkeit des Meteors beim Eintritt in die Atmosphäre. Neuestens wurde aber diese Ansicht, dass die Meteore infolge des Luftwiderstandes glühend und leuchtend werden, von Minary bekämpft, und Cornu scheint das Aufleuchten der Sternschnuppen einer Entwicklung und Entladung statischer Elektrizität zuzuschreiben, ohne bedeutende Erhöhung der Temperatur.

Über die Erscheinungen, welche das Auftreten einer **Feuerkugel** begleiten, gibt **Haidinger** folgende Theorie: Infolge der grossen Geschwindigkeit, mit welcher ein Meteorit in die Erdatmosphäre eindringt, wird die Luft vor ihm her durch Kompression bis zum Glühen erhitzt, die Oberfläche des Körpers selbst kommt ebenfalls zur Weissglut und erhält bei seiner Rotation eine Schmelzrinde. Die so komprimierte Luft fliesst dann nach allen Seiten über die Oberfläche nach hinten ab, indem sie glühende feste Teilchen der Oberfläche des Meteoriten mit sich reisst, und einen birnförmigen, von dem Meteoriten eben verlassenen leeren Raum bildet, so dass das Ganze dem Beobachter als eine feurige Kugel erscheint. Dringt eine Gruppe von Körpern gleichzeitig in die Erdatmosphäre ein, so nimmt der grösste derselben die vorderste Stelle ein, weil er im Verhältnis zu seiner Masse die kleinste Oberfläche besitzt, also den geringsten Widerstand erleidet, und die übrigen schliessen sich an diesen Leitstein an, so dass wieder eine Feuerkugel erzeugt wird. Ist infolge des Luftwiderstandes die kosmische Geschwindigkeit des Meteoriten ganz aufgehoben, so steht derselbe einen Augenblick still, Wärme- und Lichtentwicklung hören auf, die Feuerkugel erlischt, in dem hinter derselben befindlichen leeren Raum stürzt plötzlich die Luft unter heftigem Knall zusammen, und der nun allein der Schwerkraft unterworfene Meteorit stürzt in vertikaler Richtung auf die Erde nieder. Das Donnergetöse, von dem die ganze Erscheinung vielfach



begleitet ist, rührt von dem heftigen Zusammenschlagen der Luft hinter dem Meteore her. Denn bei der grossen Geschwindigkeit des Meteors wird sofort die Luft auf eine Temperatur von 4000° bis 6000° erwärmt und stark ausgedehnt; es entsteht, wie beim Blitz, wenn auch nicht so augenblicklich, eine lange, schmale sehr verdünnte Luftsäule hinter dem Meteor und infolge dessen eine Explosion, ein Donnerschlag, gefolgt von einem mehr oder weniger langen Rollen. Könnte man einer Kanonenkugel statt einer Geschwindigkeit von 600 Meter pro Sekunde eine solche von 60 Kilometer geben, so würde sie nicht mehr pfeifen, sondern donnern, sie würde augenblicklich verbrennen und einen glühenden Schweif erzeugen, wie eine Feuerkugel. Der von dem Meteoriten verursachte Donner braucht also nicht von einer wirklichen Explosion, von einem Zerspringen desselben herzurühren, wie man früher angenommen hat.

Die detonierenden Feuerkugeln liefern nur in den seltensten Fällen Meteorsteinfälle, obgleich ohne Zweifel stets grössere oder kleinere Massen zur Erde niederfallen; das Auffinden solcher Massen hängt eben vom Zufall ab. Betrachtet man die einzelnen Erscheinungen beim Auftreten der Feuerkugeln, so ergibt sich, dass weder die Detonation, noch die Lichtintensität einen principiellen Unterschied von den Sternschnuppen bedingen, denn **Hirn** hat gezeigt, dass die Stärke der Detonation, in jedem Punkte der Bahn des Meteoriten abhängig ist von der Höhe, von seiner Geschwindigkeit, von seiner Grösse und von der Beschaffenheit der Gegend, über die er hinzieht. Hieraus erklärt sich leicht das Fehlen jedes Geräusches der in sehr grossen Höhen in äusserst verdünnter Luft dahin ziehenden Sternschnuppen, weil erstens das Zusammenstürzen der sehr verdünnten Luft hinter dem Meteor nur einen schwachen Knall erzeugt und weil zweitens die Fortpflanzung des Schalles nur in geringem Grade stattfindet. Weil ferner bei den Sternschnuppenschauern im November explodierende Meteore gleichzeitig mit Sternschnuppen aus dem Sternbilde des Löwen kommend beobachtet wurden, so bildet auch die Explosion keinen Unterschied zwischen Feuermeteoren und Sternschnuppen.

Beschreibungen und Berechnungen der Bahnen beobachteter Feuerkugeln existieren eine ganze Reihe. Von der **Bahn des grossen Meteors** vom 17. Januar 1890 z. B. gibt Prof. v. Niessl im wesentlichen folgende Beschreibung auf Grund eines ungewöhnlich reichen Materials von etwa 100 einzelnen Mitteilungen.*) Das Meteor erschien

*) Jahrbuch der Astronomie und Geophysik, Jahrgang 1891.

in einer anfänglichen Höhe von mindestens 157 km. um 5 Uhr 11 Min. mittlere Wiener Zeit und wurde fast in ganz Östreich beobachtet. Es zog in der Richtung über Torda, Hatzfeld, Kroatisch-Brod, Kamengrad (Bosnien); sein Hemmungspunkt lag in 39,7 km. Höhe über der «Krbava», 30 km. östlich Gospic. Nach der Hemmung sind heftige Detonationen sowohl in Kroatien als auch in Bosnien gehört worden, Meteorite wurden jedoch keine aufgefunden. Die von den Meteoriten in der Atmosphäre zurückgelassenen Dämpfe und Reste bildeten eine ungefähr 190 km. lange Rauchsäule, welche noch über eine Viertelstunde nach dem Falle sichtbar blieb. Der Ausstrahlungspunkt der Feuerkugel ergab sich in $113^{0},6 \pm 2^{0},6$ Rectasc. und $21^{0},7 \pm 2^{0},0$ nördlicher Declin.; der kosmische Ausgangspunkt in $78^{0},7$ Länge und $0^{0}.7$ südlicher Breite. Seine geocentrische Geschwindigkeit ergab sich aus 37 Dauerschätzungen zu 54,4 km. und hieraus seine heliocentrische Geschwindigkeit zu 63,7 km. oder 8,6 geographischen Meilen, entsprechend einer hyperbolischen Bahn mit der Halbaxe $a = 0{,}41$. Der kosmische Ausstrahlungspunkt liegt ganz nahe den Ausgangspunkten der Meteoriten von Orgueil und einiger detonierender Meteore, welche einerseits im November und Dezember, andrerseits im Mai und Juni beobachtet worden sind.

Prof. v. Niessl hat ferner die Bahn einer grossen Feuerkugel bestimmt, die am 7. Juli 1892 über Rumänien, Östreich und Italien zog (Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften Wien, Bd. C. II., Abtheilung II a.), wobei sich das merkwürdige Resultat ergab, dass der Meteorit im letzten Teil seiner Flugbahn zweifellos eine aufsteigende Bewegung ausgeführt hat. Bis dahin war noch kein einziger Fall dieser Art mit Sicherheit festgestellt, weil die Feuerkugeln meist so tief in die Erdatmosphäre eindringen, dass bereits eine Hemmung und Auflösung der Meteoritenkörper stattfindet, bevor sie ihre Erdnähe erreicht haben. Der Erlöschungspunkt lag über einer etwa 70 km. von der Tibermündung entfernten Stelle des tyrrhenischen Meeres in der grossen Höhe von 158 km. Der scheinbare Ausgangspunkt lag in $\alpha = 349^{0}$, $\delta = +8^{0}$, also $9^{1}/_{2}{}^{0}$ unter dem Horizont des Erlöschungspunktes. Die ganze beobachtete, mit der grossen Geschwindigkeit von 87 km. per Sekunde durchlaufene Bahnlänge beträgt ungefähr 1100 km.; die Erdnähe, in einer Höhe von 68 km., lag über Karakal in Rumänien. Wegen der grossen Höhe der ganzen Bahn war der Glanz der Feuerkugel nicht besonders gross und Detonationen wurden nirgends gehört; am Verlöschungspunkt scheint keine mit Zerspringen ver-

bundene Hemmung stattgefunden zu haben; die Meteormassen haben sich entweder durch das Glühen aufgelöst, oder es haben noch Reste unsere Atmosphäre wieder verlassen, um im Weltraum ihre hyperbolische Bahn um die Sonne weiter fortzusetzen.

Die Thatsache, dass die meisten Sternschnuppen erlöschen, bevor sie die Erdoberfläche erreichen, beweist, dass ihre Masse nur gering ist. Aus der durch Rechnung gefundenen Höhe und aus dem scheinbaren Glanz, verglichen mit demjenigen eines Planeten, lässt sich die Masse einer Sternschnuppe ungefähr berechnen; Herschel nimmt das mittlere, hypothetische Gewicht einer Sternschnuppe zu 5 Gramm. Schiaparelli dagegen nur zu 1 Gramm an. Da die Gesamtzahl der auf die Erde kommenden Sternschnuppen pro Tag auf ungefähr 100 Millionen geschätzt wird, so würde diese Zahl nach Herschels Annahme im Minimum ein tägliches Gewicht von 500,000 kg. repräsentieren; dabei sind die dem blossen Auge unsichtbaren, nur in Fernröhren sichtbaren und der kosmische Staub nicht mitgerechnet.

Solchen **kosmischen Staub,** Krykonit genannt, fand Nordenskiöld auf dem Inlandeise von Grönland, und am 5. November 1883 beobachtete **Karl Stolp** auf dem Paso de las damas, der Wasserscheide Chiles und Argentiniens, in einer Höhe von über 3000 m., direkt das Niederfallen von kosmischem Staub. (Verhandlungen des deutschen wissenschaftlichen Vereins, Santiago 1889, Bd. II, S. 42). Bei windstillem Wetter begann sich der frischgefallene Schnee mit einem feinen, rotbraunen Staube zu bedecken; das Fallen dieses Staubes dauerte eine halbe Stunde; die Sonne schien in vollem Glanze, und es war an ihr weder eine Verdunkelung, noch sonst irgend etwas Auffälliges zu bemerken. 10 m^2 des Schnees oberflächlich abgeschippt, in einem Kessel geschmolzen und eingedampft, ergaben nach dem Trocknen etwas über 2 Gramm eines rotbraunen Pulvers. Die chemische Analyse ergab 74,59 Eisenoxyd, 6,01 Nickeloxyd, 7,57 Kieselsäure, 2,9 Aluminium, 3,88 Magnesium und geringe Mengen von Kupferoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kalk. Ausser diesen sind noch verschiedene andere Meteorstaubfälle bekannt. Auf einer ähnlichen Erscheinung beruht vielleicht der in früheren Zeiten erwähnte **Blutregen.**

Unter den zur Erde gefallenen Meteoriten befinden sich neben kleineren Stücken auch grössere Massen, wahre Meteorfelsen. Der grösste bis jetzt gefundene ist der Block von Ovifak auf Grönland, der ein Gewicht von ca. 25,000 kgr. hat; sein meteorischer Ursprung

ist aber nicht vollkommen sicher; die Frage, ob er kosmischen oder tellurischen Ursprungs sei, ist noch unentschieden. Ihm am nächsten kommt der Meteorit von Durango (Mexiko), mit einem Gewicht von fast 20,000 kgr. und der von Bemdego in Brasilien mit 9600 kgr.; diese Meteormassen sind wahrscheinlich ursprünglich noch grösser gewesen. Das sog. „**Pallaseisen**" besteht aus einem Stück von 800 kgr.; dasselbe wurde im Jahre 1749 von einem Kosaken am Jenessei (Sibirien) auf einer der höchsten Spitzen eines Schiefergebirges gefunden, an einer Stelle, wo sich weit und breit kein Bergwerk befindet. Die Tartaren verehrten den Stein als ein vom Himmel gefallenes Heiligtum. Eine Beschreibung dieses Meteoriten gab im Jahre 1771 der Naturforscher Pallas; später wurden ca. 14 Zentner des Blockes nach Petersburg übergeführt. Der am 30. August 1887 mittags 12½ Uhr in Ochansk, Gouvernement Perm in Russland, gefallene Meteorit hatte ein Gewicht von 328 kgr.; derselbe übertrifft somit noch den grossen Knyahinyastein von 300 kgr., den grössten der bis jetzt aufbewahrten Meteoriten. Bemerkenswert ist noch die hohe Temperatur dieses Steines, er fiel nicht allein glühend herab, sondern er blieb nach seinem Eindringen in den Boden so heiss, dass er erst nach 4 Stunden ausgegraben werden konnte; es sind sonst nur wenige Beispiele von glühend gefallenen Meteoriten bekannt. Die Meteorsteinregen wurden bereits früher erwähnt. Neulich (1892) hat H. Bornitz ein Verzeichnis von 460 in Europa gefallenen Meteoriten herausgegeben mit Angabe der Fundorte und Fallzeiten; die Arbeit ist von einer Karte von Europa begleitet, in der die Fundorte eingetragen sind. Der älteste darin als bekannt angeführte Meteorit ist der von Aegos Potamos in Thracien vom Jahre 476 v. Chr. Ausser dem schon erwähnten Meteoriten von Hinterschwändi (1698) sind in diesem Verzeichnis noch drei Meteoritenfälle aus der Schweiz erwähnt, nämlich von Lugano am 15. März 1826, von Zuz (Graubünden) am 8. Dezember 1836 und von Melide (Tessin) vom 7. Juni 1879.

Die **chemische Analyse** der bis jetzt auf die Erde herabgefallenen Meteore zeigt eine grosse Übereinstimmung derselben, und alle ihre Bestandteile sind auch auf der Erde vorhanden. Meistens bestehen sie aus metallischem Eisen, dem stets Nickel beigemengt ist, vermischt mit verschiedenen Kieselverbindungen, besonders Olivin und Augit. Überdies fand man noch Sauerstoff, Wasserstoff, Aluminium, Magnesium, Calcium, Natrium, Kalium, Mangan, Titan, Blei, Lithium, Strontium, Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff. E. Weinschenk und E. Cohen

haben bei der Analyse einer beträchtlichen Anzahl von meteorischen Eisenmassen gefunden, dass Kupfer ein konstanter, aber nur in sehr geringen Mengen auftretender Bestandteil des Meteoreisens ist, während Arsen fehlt.*)

Nach **Gustav Rose** unterscheidet man 2 Arten von Aërolithen: **Eisenmeteorite**, die durch ihren Eisen- und Nickelgehalt ausgezeichnet sind und **Steinmeteorite**, die als wesentlichen Bestandteil Kieselsäure, Thonerde und Kalk enthalten.

Manche, oder sehr wahrscheinlich alle Meteorite, enthalten gewisse Gase eingeschlossen, besonders Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd, die durch Erhitzen im luftleeren Raum frei werden, und zwar enthalten:

Die Eisenmeteorite: Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff; die beiden letzten bilden den Hauptbestandteil.

Die Steinmeteorite: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Die Steinmeteorite ergeben ein bedeutend grösseres Gasvolumen als die ersteren, Hauptbestandteil ist Kohlensäure, mehr als die Hälfte des gesamten Volumens, dann folgt Wasserstoff. Wright betrachtet die Entwicklung so grosser Mengen von Kohlensäure als charakteristisch für die Steinmeteore. Dr. Flight hat in einem frisch gefallenen Meteorstein auch Stickstoff gefunden.

Die von den Meteoriten eingeschlossenen Gase können nach übereinstimmenden Ansichten nicht während der sehr kurzen Zeit des Fallens durch die Erdatmosphäre in dieselben eingedrungen sein, denn ein Hauptbestandteil der eingeschlossenen Gase ist Wasserstoff, der in unserer Atmosphäre nur in sehr geringer Menge vorkommt. Hervorzuheben ist, dass diese Gase der Meteoriten Spektra zeigen, die mit den drei hellen Banden des Kometenspektrums übereinstimmen. Aus diesen Beobachtungen folgt daher, dass der **Kometenkern** genau dieselben Gase enthält, welche man in den Meteoriten eingeschlossen gefunden hat, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und ihre Verbindungen.

Noch zu erwähnen sind die bei einzelnen Meteoriten entdeckten charakteristischen, sog. **Widmannstättenschen Figuren**; es bestehen diese aus einer Menge sich unter verschiedenen Winkeln kreuzender, mathematisch-regelmässiger Linien und feiner Adern im Innern des

*) *Annalen* des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien 1891, 6, und *1892, 7.*

Meteoriten, die zuerst im Jahre 1808 von Widmannstätten in Wien entdeckt wurden, als er eine polierte Schnittfläche des Agramer Eisenmeteoriten mit Salpetersäure behandelte; sie werden daher nach ihm benannt.

Einige Meteoriten haben sich merkwürdigerweise als **kohlehaltig** erwiesen. Einer dieser Art ist der am 14. Mai 1864 bei dem Dorfe Orgueil in Frankreich niedergefallene Aërolith. Man fand etwa 20 Bruchstücke desselben; an ihrer schwarzen Rinde kann man deutlich unterscheiden, dass nicht alle diese Fragmente einem einzigen Körper angehört haben, sondern, dass verschiedene davon selbständige Begleiter der Hauptmasse waren. Der Chemiker **Cloëz** fand in diesem Meteoriten 7,41 Teile Huminsubstanz und zwar in 100 Teilen 63,45 Kohlenstoff, 5,98 Wasserstoff und 30,57 Sauerstoff, und übereinstimmend damit fand **Pisani** 13,89 Teile Wasser und organische Substanz in demselben.

Im Jahre 1834 fand **Berzelius** in dem am 15. März 1806 bei St. Etienne de Lolm in der Nähe von Alais gefallenen Meteoriten eine organische, im Wasser lösliche Masse, die beim Erhitzen sich bräunte und etwas schwarze Kohle zurückliess. **Roscoë** hat bei einer spätern Untersuchung eines Stückes desselben Meteoriten die Resultate von Berzelius bestätigt.

Am 13. Oktober 1838 fielen unter grossem Donnergetöse bei Bokkeveld in der Kapkolonie eine Anzahl Meteorsteine, die nach den Untersuchungen von **Harris** Kohlenstoff und eine bituminöse Masse enthalten. Die letztere wurde aus dem Meteorstein durch siedenden Alkohol ausgezogen und erwies sich als eine gelbliche, harz- oder wachsähnliche Substanz, die beim Erhitzen in einer Röhre leicht schmilzt und dann unter Abscheidung von schwarzer Kohle und Entwicklung eines stark bituminösen Geruches zersetzt wird.

Am deutlichsten hat sich der am 15. April 1857 bei Kaba, südwestlich von Debreczin, gefallene Meteorstein als Träger eines organischen Gebildes verraten. Derselbe besteht seiner Zusammensetzung nach aus Kieselsäure, Eisenoxydul, Magnesia, Thonerde, Magnetkies, Eisen, Nickel und etwas Kupfer. Bei sorgfältiger Untersuchung des Steins fand aber **Wöhler** noch eine geringe Menge einer farblosen, nicht deutlich krystallinischen Substanz, die beim Erhitzen in einer Röhre schmolz und dann unter Verkohlung sich zersetzte, beim Erhitzen an der Luft sich aber in weissen Dämpfen verflüchtigte. Auch bei späteren Untersuchungen dieses Meteoriten versicherte sich Wöhler,

dass derselbe ausser freier Kohle noch eine kohlenstoffhaltige Substanz enthält, welche sich mit siedendem Alkohol ausziehen lässt, leicht schmilzt und mit sog. Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Ähnlichkeit zu haben scheint und ohne Zweifel organischen Ursprungs ist. Vielleicht ist diese nur ein Rest von ursprünglich in dem Meteoriten enthaltenen Organismen, die in dem Momente des Glühens beim Durchgang durch unsere Atmosphäre unter Abscheidung von Kohle sich zersetzten.

Dieses Vorkommen von organischer Substanz in Meteorsteinen gab Anlass zu der von **Tyndall** aufgestellten Hypothese, dass die Urlebenskeime von höher entwickelten Gestirnen durch Meteoriten auf unsere Erde verpflanzt worden seien.

Eine höchst merkwürdige Erscheinung ist das Vorkommen von **Diamanten** in Meteoriten. Erst seit 1887 hat man in Meteorsteinen Diamanten entdeckt; so fanden Brezina und Weinschenk in dem Meteoriten von Arva in Ungarn wirklichen Diamantkohlenstoff; ferner fand man in dem am 4. September 1886 bei Nova Urci in Russland gefallenen Meteoriten, welcher vorwiegend aus Nickeleisen und Magnesiumsilikaten, darunter viel Olivin, besteht, ungefähr 1 % eines feinen schwarzen Staubes von der Härte und der chemischen Zusammensetzung des Diamanten. Dass aber auch im Meteoreisen Diamanten vorhanden sein könnten, schien völlig ausgeschlossen, jetzt ist aber auch ein solcher Fall bekannt. Im März 1891 glaubte man nämlich in Arizona, 16 km. südöstlich von Cañon Diablo, auf eine Ader gediegenen Eisens gestossen zu sein und sandte Proben davon an den Geologen **Foote**. Derselbe erkannte, dass es sich um Meteoreisen handle und ging an Ort und Stelle. Der Fundort liegt am Fusse einer kreisförmigen, aus Sand- und Kalksteinen gebildeten Erhebung, die den Namen Crater mountain führt. Dieser Berg ist 132 m. hoch und hat auf dem Gipfel eine 1—2 km. im Durchmesser haltende, ziemlich steile Vertiefung, die 15—20 m. unter das Niveau der umgebenden Ebene abstürzt und einen sehr deutlichen Krater bildet. Von vulkanischen Gesteinen wurde aber trotz eifrigster Nachforschungen keine Spur gefunden. Dagegen entdeckte man, meist an der Basis des Kraters, mehrere grössere und kleinere Massen Meteoreisen, später sogar Stücke von $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Zentnern Gewicht und ausserdem mehr als 130 andere im Gewicht von 2—3 kgr. Eine Anzahl wurde durch Nachgrabungen aufgefunden, und auch die 3 grössten Stücke waren mit Erde und Gras bedeckt. Diese Schilderung legt den Gedanken nahe, dass diese krater-

förmige Höhlung durch Aufschlagen einer sehr grossen meteorischen Masse auf den Erdboden entstanden sein möchte, also durch einen Vorgang, ähnlich demjenigen, durch welchen verschiedene Forscher die Bildung der grossen Mondkrater erklären wollen. (Jahrbuch der Astronomie und Geophysik, herausgegeben von Dr. H. J. Klein, Jahrgang 1892). Ein Stück des Meteoreisens wurde von König untersucht, der über seine Arbeit der letzten Versammlung amerikanischer Naturforscher einen vorläufigen Bericht vorlegte. Nach demselben erwies sich das Meteoreisen beim Durchschneiden sehr hart; im Innern fand sich eine Höhle, in welcher sich neben Körnchen von schwarzer, amorpher Kohle, kleine schwarze Diamanten vorfanden, die Korund mit der grössten Leichtigkeit ritzten; durch Behandeln mit Säure kam auch ein farbloser Diamantkrystall von $^1/_2$ mm. Länge zu Tage. Ausserdem fand man Troilit und Daubreilit; die Masse enthielt 3 % Nickel. Auch andere Forscher (Friedel in Paris und Moissan) fanden in dem Meteoriten von Cañon Diablo ausser schwarzen auch farblose Diamanten, allerdings nur Partikelchen von mikroskopischer Kleinheit.

Es wurde schon längere Zeit vermutet, dass die Entstehung des Diamanten mit vulkanischen Erscheinungen, mit Vorgängen, welche sich bei höherer Temperatur und hohen Drucken in den tieferen Schichten der Erde abspielten, verknüpft sei; schon vor 18 Jahren hat Mejdenbauer die Behauptung aufgestellt: «Der Diamant kann nur kosmischen Ursprungs sein, und zwar ist er sowohl zugleich mit dem Urgesteine entstanden, wie auch als Meteorit in späteren Perioden der Erdbildung niedergefallen. Eine sachgemässe Untersuchung an den Fundorten würde geeignet sein, ein helles Licht auf diesen dunkeln Punkt zu werfen.» Das Vorhandensein von Diamanten in Meteoriten hat sich nun in den letzten Jahren glänzend bestätigt.

In neuester Zeit sind nun von E. Cohen, Winklehner und C. Lewis geologische Untersuchungen angestellt worden über die im Jahre 1867 entdeckten Diamantlagerstätten in Südafrika und diese deuten darauf hin, dass das ursprüngliche Auftreten des Diamanten wirklich an plutonische Erscheinungen geknüpft ist. Auch der französische Gelehrte Daubrée glaubt, dass das an Magnesiasilikaten reiche Muttergestein des Diamanten in Südafrika eruptiver Natur sei; auch er ist der Ansicht, dass der Diamant, zusammen mit dem ihn bergenden Eruptivgestein dem Erdinnern entstamme.

In der Häufigkeit der Sternschnuppen macht sich eine **jährliche** und eine **tägliche** oder **stündliche Variation** bemerkbar.

Schon Brandes (1827) und Herrick (1838 Nord-Amerika) hatten darauf hingewiesen, dass die Häufigkeit der sporadischen Sternschnuppen von Abend gegen Morgen zuzunehmen scheine, aber die wirkliche Existenz einer solchen täglichen Periode oder stündlichen Variation wurde erst durch **Coulvier-Gravier** (Paris 1847) nachgewiesen und diese wichtige Entdeckung, dass die meisten Sternschnuppen für jeden Beobachtungsort, ohne Unterschied in Bezug auf die geographische Länge, um 6 Uhr morgens sichtbar werden, wurde später von **Schmidt** in Athen, **R. Wolf** in Zürich u. a. bestätigt. Gestützt auf zwölfjährige, zahlreiche Beobachtungen fand Coulvier-Gravier von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens im Mittel folgende stündliche Häufigkeitszahlen:

3,3 3,5 3,7 4,0 4,5 5,0 5,8 6,4 7,1 7,6 8,0 8,2

Jul. Schmidt fand aus 10jährigen, im ganzen aus 2840 stündlichen Beobachtungen (Berlin 1852) der Reihe nach die Häufigkeitszahlen:

5,3 5,7 6,7 7,9 9,5 11,6 14,1 16,3 17,9 18,2 18,7 14,9

Auch die von **Brandes** hervorgehobene Thatsache, dass die Sternschnuppen im Herbst viel häufiger gesehen werden als im Frühling, wurde durch diese Zählungen bestätigt. Schmidt hat aus 27jährigen Bestimmungen für die 12 Monate Januar bis Dezember folgende mittlere stündliche Häufigeitszahlen gefunden, **ohne** Berücksichtigung der Sternschnuppenregen:

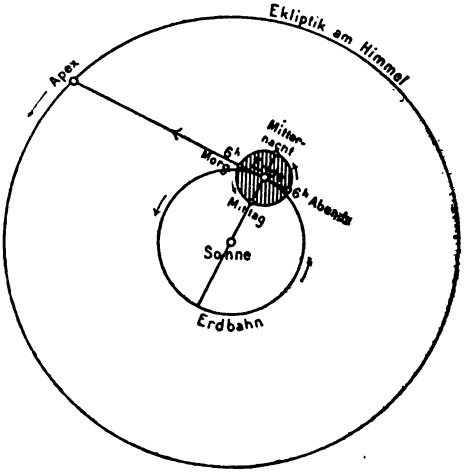
13,1 6,4 10,7 11,6 8,7 9,4 18,3 25,0 11,7 18,1 16,6 18,0

Es besteht also auch eine jährliche Variation in der Häufigkeit der Meteore.

Auch in Bezug auf die Himmelsrichtungen fand Coulvier-Gravier eine ungleiche Verteilung der Sternschnuppen. Die zahlreichsten Meteore kommen stets aus Ost, die wenigsten aus West, während Süd und Nord eine mittlere Zahl aufweisen, welches Resultat von Schmidt bestätigt wurde.

Diesen Beobachtungsresultaten muss sich jede Theorie der Sternschnuppen anpassen, wenn sie auf Richtigkeit Anspruch machen will, und gerade hier zeigte sich früher die grösste Schwierigkeit für die **kosmische Theorie** der Meteore. Erst durch die vereinigten Arbeiten von **Herrick** und Professor **Newton** (New Haven) und namentlich durch die scharfsinnigen Untersuchungen **Schiaparellis** gelang es, diese tägliche und jährliche Häufigkeitsperiode zu erklären und überhaupt die ganze Erscheinung in ihren Hauptzügen klar zu machen.

Um den Einfluss der Bewegung der Erde auf die Häufigkeit der Meteore zu untersuchen, denken wir uns die Erde mitten in einem überall gleich dichten Haufen kleiner Körperchen, Meteore, stille stehend; so werden wir von jedem Punkt aus nach jeder Richtung nahezu gleich viele Körperchen zu sehen glauben, und jeder Ort der Erdoberfläche würde gleichmässig von ihnen getroffen. Dasselbe würde auch noch stattfinden, wenn sich die Erde um ihre Axe drehte. Würde aber die Erde mit einer viel grössern Geschwindigkeit durch den Raum fliegen, als dies bei den Meteoren des Schwarmes der Fall ist, so würde offenbar nur die vordere Halbkugel, die in der Richtung liegt, nach welcher sich die Erde bewegt, von Meteoren getroffen werden können. Bezeichnet man nun mit Schiaparelli denjenigen Punkt, in welchem die verlängerte Richtung der Erdbewegung die Himmelskugel trifft, den **Apex**, so werden unter den eben angenommenen Verhältnissen für jeden Punkt der Erdoberfläche nur dann Sternschnuppen sichtbar sein können, wenn der Apex über dem Horizont dieses Ortes liegt. Ist die Bewegung der Erde durch den Raum nicht viel grösser, gleich oder sogar noch geringer, als jene der Meteore, die sich nach verschiedenen Richtungen bewegen, so werden Sternschnuppen zu jeder Zeit sichtbar sein können, aber ihre grösste Häufigkeit wird für jeden Ort doch immer dann eintreten, wenn der Apex am höchsten über dem Horizont steht, wenn er kulminiert. Das Verhältnis der Häufigkeit der Sternschnuppen in den verschiedenen Stunden der Nacht ist nun, wie leicht einzusehen, abhängig von dem Verhältnis der Geschwindigkeit der Erde zur mittleren Geschwindigkeit der Sternschnuppen.



Hat man das erstere durch Beobachtung bestimmt, so kann man das letztere berechnen. Schiaparelli hat diese Rechnung im Jahre 1866 durchgeführt und gefunden, dass die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,455 mal grösser ist, als diejenige der Erde, also sehr wenig von der parabolischen Bewegung abweicht.

Weil die Erde sich in einer annähernd kreisförmigen Bahn

um die Sonne bewegt, so liegt der Ort des Apex für jeden Erdort annähernd um 90° **westlich** von der Sonne auf der Ekliptik, der Abstand schwankt während des Jahres zwischen 89°2′ und 90°58′. Daher kommt der Apex gegen Mitternacht über den Horizont, geht auf, erreicht gegen 6 Uhr morgens für jeden Ort seinen höchsten Stand im Meridian (obere Kulmination), geht gegen Mittag unter und erreicht um 6 Uhr abends seinen tiefsten Stand unter dem Horizonte (untere Kulmination). Im Sommer können daher in unsern Breiten keine Sternschnuppen beobachtet werden zur Zeit der beiden Kulminationen des Apex, weil es um 6 Uhr morgens und abends hell ist, wohl aber im Winter.

Weil der Apex gegen 6 Uhr morgens für jeden Ort kulminiert, so erklärt sich zunächst die durch die Beobachtung entdeckte Erscheinung, dass die Häufigkeit der Meteore gegen 6 Uhr morgens ein Maximum erreicht. Aber noch mehr, es lässt sich auch die verschiedene Häufigkeit der Meteore, die aus verschiedenen Himmelsrichtungen kommen, erklären. Von 6 Uhr morgens (obere Kulmination) bis 6 Uhr abends (untere Kulmination) befindet sich der Apex beständig auf der westlichen Hemisphäre des Himmels, daher muss am Tage die vorherrschende Richtung der Sternschnuppen eine **westliche** sein. Während der Nacht dagegen befindet sich der Apex stets auf der östlichen Halbkugel des Himmels, daher müssen nachts die meisten Meteore aus **Osten** kommen, was mit der Beobachtung übereinstimmt.

Weil der Apex auf der Ekliptik immer um 90° westlich von der Sonne entfernt liegt, so hat derselbe die grösste nördliche Deklination zur Zeit des Herbst- und die grösste südliche Deklination zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums, in den beiden Solstitien ist sie Null. Der Apex befindet sich also in der Zeit vom Sommer- bis zum Winter-Solstitium auf der nördlichen Hemisphäre, sein Tagbogen ist also grösser, d. h. er befindet sich länger über dem Horizonte der Erdorte unserer Breiten, als in der übrigen Zeit vom Winter- bis zum Sommer-Solstitium, während welcher sich der Apex auf der südlichen Halbkugel des Himmels befindet.

Hieraus folgt unmittelbar, dass im ersteren Zeitraum, im Herbst, wenn der Apex sich länger über unserm Horizonte befindet, mehr Meteore sichtbar sein müssen, als im zweiten Zeitraum, im Frühling. Damit ist auch die jährliche Variation der sporadischen Sternschnuppen erklärt.

Man kann sonach, sagt Schiaparelli, alle Einzelheiten der periodischen Variationen, wenigstens in Bezug auf das Gesetz der Häufigkeit der Meteore erklären, so dass diese Variationen, statt ein Hindernis für die kosmische Theorie der Meteore zu bilden, dieselbe vielmehr auf das glänzendste bestätigen.

Wie schon anfangs erwähnt, ist zu gewissen Zeiten während des Jahres, namentlich in den Nächten des 10. August und des 12. und 13. November die Anzahl der aufleuchtenden Meteore so bedeutend, dass sie den Anblick eines feurigen Regens gewähren. Es ergibt sich hieraus, dass diese kleinen kosmischen Körper nicht planlos durch den Raum irren, sondern bestimmten Anordnungen in Bezug auf ihre Anzahl und Bewegung unterliegen. Im allgemeinen ist die Wiederkehr der grössern Häufigkeit der Meteore an eine **jährliche Periode** gebunden und fällt zusammen mit bestimmten Stellungen der Erde in ihrer Bahn. Ein solcher Sternschnuppenregen wird veranlasst von einer sehr grossen Anzahl zu einer kosmischen Wolke vereinigter, kleiner, dunkler Körperchen, die nur lose zusammenhängen und nur das gemeinsam haben, dass sie gemeinschaftlich eine bestimmte Bahn um die Sonne verfolgen; sie bilden einen **Meteor-** oder **Sternschnuppenschwarm**. Die wichtigsten Meteorströme sind der **August-** und **Novemberschwarm**; aber ausser diesen kennt man noch viele andere, die in regelmässigen Perioden wiederkehren.

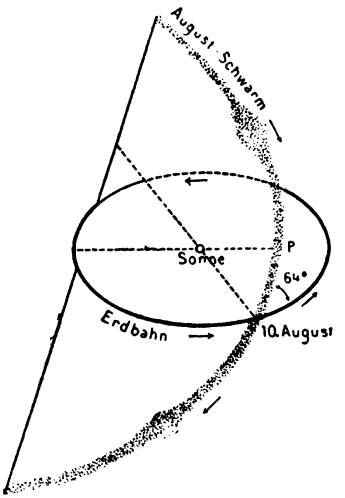
Die Bahnen der Meteorschwärme sind sehr verschieden; sie durchkreuzen die Ebene der Erdbahn unter den verschiedensten Winkeln und liegen nicht wie die Planetenbahnen nahe in einer Ebene. Die Bewegung der einzelnen Meteore ein und desselben Schwarmes erfolgt in gleicher Richtung, aber diese Richtung ist bei einzelnen Strömen dieselbe, bei andern die der Erde und den übrigen Planeten entgegengesetzte, oder wie man sagt, ein Teil der Schwärme ist **rechtläufig**, ein anderer **rückläufig**.

Wenn die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne sehr nahe an einer solchen kosmischen Wolke vorbeizieht, oder durch sie hindurch geht, so wird ein Teil der in dem Schwarm enthaltenen Meteore von der Erde angezogen, sie dringen in ihre Atmosphäre ein, werden weissglühend und als Sternschnuppen sichtbar. Eine kosmische Wolke kann aber in unserm Sonnensystem unmöglich stille stehen, bis die Erde nach einem Jahr wieder an dieselbe Stelle zurückkommt, sondern sie muss sich zufolge des Newtonschen Gravitationsgesetzes, wie die Planeten und Kometen nach den Keplerschen Gesetzen um

die Sonne bewegen; hieraus folgt, dass die Bahn eines periodischen Sternschnuppenschwarmes und die Erdbahn sich kreuzen, und dass die Erde und der Schwarm zu bestimmten, periodisch wiederkehrenden Zeiten im Kreuzungspunkt zusammentreffen und einen Meteorregen erzeugen. Doch zeigen sich in einzelnen Fällen langsame Verspätungen im Eintreffen des Maximums der Häufigkeit. So ist z. B. das Datum des Eintreffens der Novembersternschnuppen in 100 Jahren um drei Tage vorwärts gerückt. In frühern Zeiten fiel das Maximum nach historischen Aufzeichnungen auf Mitte Oktober; die genauere Untersuchung hat gezeigt, dass die Hälfte dieses Fortrückens von einer Bewegung desjenigen Punktes herrühren muss, in welchem die Erde alljährlich den Sternschnuppenschwarm kreuzt. Auch die Intensität der jährlichen Wiederkehr ist bei gewissen Meteorströmen an eine bestimmte Periode geknüpft, die z. B. für den Novemberschwarm 33 Jahre beträgt.

Im Jahre 1833 wurde zum erstenmal eine merkwürdige Erscheinung, die **Ausstrahlung** oder **Radiation** der Meteore eines Schwarmes beobachtet. Die Bahnen nämlich, welche die verschiedenen Meteore ein und desselben Schwarmes durch die Erdatmosphäre beschreiben, scheinen von einem gemeinsamen Punkt des Himmels, dem sogenannten **Ausstrahlungs-** oder **Radiationspunkt** oder **Radianten** auszugehen. Dieser Punkt erscheint für die gleiche Zeit allen Beobachtern an der gleichen Stelle des Himmels, der Radiant hat keine Parallaxe, er kann also nicht in der Erdatmosphäre liegen. Es ist damit aber nicht gesagt, dass alle Sternschnuppen aus demselben Punkt des Weltraums herkommen, sondern nur, dass die Flugbahnen der meisten derselben, rückwärts verlängert, sich in ein und demselben Punkt des Himmels treffen. Diese Erscheinung ist aber nur eine Wirkung der Perspektive, indem die einzelnen Meteorbahnen in Wirklichkeit nahezu parallel sind, ähnlich wie die Baumreihen einer langen Allee dem Beobachter in der Ferne zusammenzutreffen, oder wie die parallelen Sonnenstrahlen aus einer Wolkenlücke divergent hervorzubrechen scheinen. Auch in solchen Fällen, wo die Erscheinung der Sternschnuppen weniger auffallend ist, scheinen doch solche Radianten vorhanden zu sein. Die kleinere Anzahl von sporadischen Sternschnuppen dagegen lassen sich nicht auf bestimmte Radiationspunkte zurückführen. Die Lage der Radianten ist für bestimmte Meteorschauer charakteristisch. Die Augustmeteore strahlen alle aus einem Punkt des Perseus, jene des 12. und 13. November aus dem Sternbilde des Löwen, daher heissen die erstern auch die **Perseïden**, die letztern die **Leoniden**.

Der **Sternschnuppenschwarm**, der **Perseïden**, der **Auguststrom**, im Volksmund auch **Laurentiusstrom** genannt (weil am 10. August der Namenstag des Märtyrers des heiligen Laurentius gefeiert wird) zeigt sich alljährlich und erreicht seine grösste Intensität am 10. August und zwar an den einzelnen aufeinander folgenden Jahren mit verschiedener Stärke. Hieraus folgt, dass die kleinen Körperchen, die diesen Schwarm bilden, in einem geschlossenen elliptischen Ringe die Sonne umlaufen, und die Erde jedes Mal am 10. August an der Stelle sich befindet, wo dieser Ring die Erdbahn kreuzt. Ferner folgt aus der jährlich ungleichen Intensität, dass nicht alle Stellen des Ringes gleich dicht mit Meteoren besetzt sind, dass er dichtere und lockere, vielleicht sogar leere Stellen hat. Die Perseïden werden schon 1762 von Musschenbrœk erwähnt, aber es gelang erst Quetelet (circa 1850), die allgemeine Aufmerksamkeit auf diesen Strom zu lenken. Seither wurde er ziemlich regelmässig beobachtet, und es gelang sogar, denselben rückwärts bis ins 9. Jahrhundert zu verfolgen. Trotz dieser langen Beobachtungszeit ist es noch nicht gelungen, die Umlaufszeit dieses Auguststernschnuppenschwarmes mit Sicherheit zu bestimmen, die einzelnen Angaben weichen stark von einander ab, von 8 (Greg) bis zu 108 Jahren (Schiaparelli), der Hauptradiationspunkt des Auguststromes liegt im Mittel in $\alpha = 44^0$ Rectasc. und $\delta = 55^0$ Declination, nahe bei β Persei; derselbe verschiebt sich von Jahr zu Jahr. Die stündliche Häufigkeit schwankt zwischen etwa 30 (1867) und 150 (1863); im Jahre 1893 stieg die stündliche Anzahl sogar auf etwa 200. Nach den Berichten des Pater **Denza** wurden 1893 an einigen italienischen Stationen in der Nacht des 10. zum 11. August neben aussergewöhnlich zahlreichen Sternschnuppen auch mehrere Feuerkugeln beobachtet.

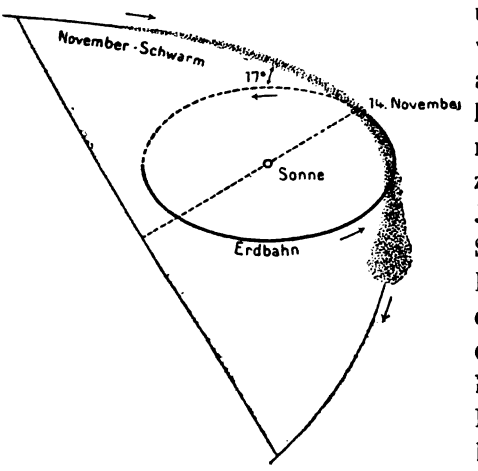


Der Neigungswinkel der Bahn der Perseïden gegen die Erdbahn beträgt 64° 3′, und die grosse Axe der Bahnellipse ist 50 mal so gross als der mittlere Radius der Erdbahn, beträgt also etwa 1000 Millionen Meilen. Die Bewegung der Meteoriten in dieser Bahn ist derjenigen der Erde entgegengesetzt, der Augustschwarm ist **rückläufig.**

Der **Sternschnuppenschwarm** der **Leoniden** oder **Novemberstrom**, der gegenwärtig am 12. und 13. November mit der grössten Intensität in Sicht kommt, ist am längsten und besten bekannt. Er wurde zuerst am 12. November 1799 von Alexander von Humboldt zu Cumana in Venezuela beobachtet. Früh morgens vor Sonnenaufgang sah er 4 Stunden lang Tausende von Sternschnuppen den Himmel durchziehen; sie schossen in ganzen Garben hernieder und boten den Anblick eines feurigen Regens. Sämtliche liessen einen leuchtenden Schweif von 5 bis 10° Länge zurück, die meisten verschwanden ohne Funkensprühen, andere schienen zu bersten und noch andere hatten einen grossen glänzenden Kern, aus dem Funken sprühten.

Am 12. November 1833 wiederholte sich dieselbe Erscheinung, die Sternschnuppen fielen so dicht, dass Arago während 3 Stunden ihre Anzahl auf wenigstens 240,000 für seinen Beobachtungsort schätzte. Ebenso grossartig stellte sich die Erscheinung im Jahr 1866 ein und wurde von zahlreichen Beobachtern genau verfolgt. Aber auch rückwärts können die Meteorschauer der Leoniden in alten Aufzeichnungen bis in das 10. Jahrhundert verfolgt werden.

Der Schwarm des 12. und 13. November tritt nach je 33 Jahren mit einem Maximum an Intensität auf und jedesmal 3 Jahre nach einander mit abnehmender Stärke; in der Zwischenzeit ist die Anzahl der Sternschnuppen dieser Epoche unbedeutend. Das Datum rückt, wie schon erwähnt, successive vorwärts, in einem Jahrhundert um 3 Tage. Es ist bereits gelungen, die Hauptverhältnisse dieses Schwarmes ziemlich sicher fest zu stellen. Die Meteore desselben, die sich ebenfalls in einer langgestreckten Ellipse um die Sonne bewegen, sind nicht über die ganze Bahn zerstreut, wie die Perseïden; sie bilden also keinen geschlossenen Ring, sondern eine dichte, nur wenig in die Länge gezogene Meteorwolke, die 33¼ Jahr zu ihrem Umlauf um die Sonne braucht und welche die Erdbahn an derjenigen Stelle durchschneidet, an welcher die Erde gegen den 13. November sich befindet. Die Neigung der Bahnebene der Leoniden gegen die Erdbahn



beträgt 17° 44′, der Strom ist ebenfalls **rückläufig**, die grosse Axe der Bahnellipse ist etwa 10,34 mal so gross, als der Durchmesser der Erdbahn, also circa 410 Millionen Meilen, die Excentricität $\varepsilon = 0{,}90$. Der Radiationspunkt liegt im Mittel nach den Bestimmungen von Schmidt und Heis in $\alpha = 149°$ und $\delta = 26°$ im Löwen. Der nächste grosse Sternschnuppenregen der Leoniden wird am 12. und 13. November 1899 eintreten.

Bemerkenswert ist, dass gewisse Radianten sich gruppenweise in verschiedenen Himmelsregionen ansammeln und die Zeiten, zu welchen die zu derselben Gruppe gehörigen Meteorschwärme ein Maximum an Sternschnuppen liefern, nur wenig auseinander liegen und sich meist über einige Wochen ausdehnen. Es scheint hiernach, dass gewisse Radianten einem gemeinsamen System von Meteorströmen angehören, da die erwähnte Gleichzeitigkeit wohl nicht zufällig ist.

Die wichtigsten Radianten, welche die meisten Meteore liefern, haben nur eine kurze Thätigkeitsdauer. **W. Fr. Denning**, Astronom in Bristol, hat nach seinen Beobachtungen die folgenden 9, welche die meisten Sternschnuppen liefern, zusammengestellt; sie sind für die Epoche 1890 berechnet und enthalten auch die beiden Hauptströme. Man hat ihnen nach dem Sternbilde, in welchem der Radiant liegt, einen Namen gegeben:

Schwärme	Thätigkeitsdauer	Maximum der Thätigkeit	Ort des Radianten: Rectasc.	Declin.	Entdecker
Quadrantiden	28. Dez.—4. Jan.	2. Januar	229°,8	+52°,5	Heis
Lyriden	16. April—22. April	20. April	269,7	+32,5	Herrick
η Aquariden	30. April—6. Mai	6. Mai	337,6	— 2,1	Tupmann
δ »	23. Juni—25. Aug.	28. Juli	339,4	−11,6	Quetelet
Perseïden	11. Juli—22. Aug.	10. August	45,9	+56,9	Musschenbrœk
Orioniden	9.—29. Oktober	18. Oktober	92,1	+15,5	Schmidt
Leoniden	9.—17. November	13. Novemb.	150,0	+22,9	Humboldt
Andromediden	25.—30. November	27. Novemb.	25,3	+43,8	Brandes
Geminiden	1.—14. Dezember	10. Dezemb.	108,1	+32,6	Greg

Neulich hat nun derselbe unermüdliche Meteorforscher F. Denning ein **Verzeichnis von 918 Radiationspunkten von Sternschnuppen** veröffentlicht. (Monthly Notices 50 Nr. 7 1889). Derselbe hat seit 1866 die Bahnen von beinahe 10,000 Meteoren in Sternkarten eingetragen und daraus die Radianten bestimmt. Ein bemerkenswertes

Resultat seiner Beobachtungen ist der Nachweis einer verhältnismässig grossen Zahl von Meteorschwärmen aus bestimmten Radianten, welche **längere Zeit** andauern, als die Theorie anzunehmen gestattet, die Wochen und selbst Monate hindurch Meteore aussenden, während die Erde einen Meteorstrom, selbst wenn derselbe einen Querschnitt von einer Million Meilen hätte, in 3—4 Tagen durchsetzen würde. Einige wenige Radianten bewegen sich rasch unter den Sternen fort, während andere stationär bleiben. Die Perseïden, sagt Denning, beginnen sicher schon am 8. Juli zu fallen aus einem Radianten in $\alpha = 3^0$, $\delta = +49^0$, und sie setzen erst aus am 22. August, wenn ihr Radiant 78° Rectasc. und + 58° Declination passirt hat; am 10. August zur Zeit des Maximums liegt der Radiant in $\alpha = 46^0$, $\delta = +57^0$, entsprechend dem des Kometen III 1862. Die Lyriden des April besitzen einen Radianten, der seinen Ort am Himmel während ihrer nur 6 tägigen Dauer ändert, während der Radiant der Orioniden des Oktobers keine Spur einer Wanderung zeigt; derselbe bleibt während der dreiwöchentlichen Thätigkeitsdauer (9—29. Oktober) unverändert an seiner Stelle in $\alpha = 92^0$, $\delta = 15^0$.

Die Thatsache der **langen Thätigkeitsdauer** gewisser stationärer Radianten hat **Denning** zuerst im Dezember 1884 veröffentlicht, und seither wurde ihm dieses Resultat durch mehr als 5000 Beobachtungen bestätigt. Als einen Beweis für die lange Dauer gewisser stationärer Radiationspunkte gibt Denning ein Verzeichnis von 45 solchen Punkten. Unter diesen befindet sich der Radiant, dessen mittlere Lage $\alpha = 47^0$, $\delta = 44^0$ ist, der dem Meteorstrom zwischen α und β Persei angehört. Die Thätigkeit desselben erstreckt sich über die Zeit vom 20. Juli bis 12. März, also über volle 234 Tage.*)

Diese von Denning gefundene merkwürdige Erscheinung, dass es Sternschnuppenschwärme gibt, welche drei Monate und länger aus demselben Punkt des Himmels ausstrahlen, wurde erst in neuerer Zeit erklärt. **Tisserand** hat hierüber eine mathematische Erklärung gegeben,**) zunächst für die Meteore, welche ihren Radianten in der Nähe von β Trianguli haben, welche nach Denning vom 16. Juli bis 14. November von dort ausstrahlen, indem er zu dem Ergebnis gelangt, dass dieselben nicht einem und demselben Schwarm angehören können, weil sonst ihre Bewegung bald rechtläufig, bald rückläufig sein müsste. Wahrscheinlich haben **verschiedene** Meteorschwärme ihre Radiations-

*) Jahrbuch der Astronomie und Geophysik von Klein 1890.

**) Comptes rendus 109, 1882.

punkte nahe bei β Trianguli, die in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte November nacheinander aus denselben Meteore ausstrahlen; in der Zwischenzeit vermischen sich die einzelnen Erscheinungen und stellen gleichsam stabile Radiationen her. Analog wird es sich in andern Fällen lang dauernder Radianten verhalten. Diese Erklärung wird neuestens von dem schon erwähnten bekannten Meteorforscher Professor von Niessl durch Untersuchungen über die Bahnen verschiedener Feuerkugeln bestätigt.*)

Dr. Neumayer und von Niessl haben die wichtige Thatsache entdeckt, dass es auch für die Meteoriten und Feuerkugeln feste Radiationspunkte gibt, die von Zeit zu Zeit thätig werden, und dass diese Radianten mit gut ermittelten Sternschnuppenradianten fast immer gut übereinstimmen. Obgleich also die Meteoriten und Feuerkugeln nur vereinzelt auftreten, so stimmen sie doch darin mit den Sternschnuppen überein, aus bestimmten Punkten des Himmels herzukommen und zwar aus solchen Radianten, die auch Sternschnuppen liefern. Das nämliche hat **Denning** auch für die Boliden nachgewiesen. Diese treten häufiger auf, als die eigentlichen Feuermeteore, deshalb konnten für dieselben mehr Radianten festgestellt werden. Aus diesen Thatsachen folgt wieder der wichtige Schluss, dass zwischen Sternschnuppen, Boliden, Feuerkugeln und Meteoriten kein unterscheidendes Merkmal vorhanden ist.

Seit dem grossartigen Sternschnuppenregen des Jahres 1833 sind schon verschiedenartige Hypothesen aufgestellt worden, um das Wesen der Meteorerscheinungen zu erklären. Schon **Chladni**, **Morstadt** (Prag 1838), **von Reichenbach**, **Daniel Kirkwood** (Philadelphia) und **d'Arrest** vermuteten eine gewisse Beziehung zwischen Kometen und Sternschnuppenschwärmen. Aber erst **Schiaparelli** fasste alle bis dahin bekannten Erscheinungen zusammen und zeigte, dass zwischen Kometen und Sternschnuppenschwärmen ein inniger Zusammenhang besteht. Dass die absolute Geschwindigkeit, mit welcher die Meteore der Erdatmosphäre begegnen, sehr nahe die einer parabolischen Bewegung entsprechende ist, hatte Schiaparelli schon früher gefunden, nun zeigte er, dass sowohl die Kometen, als auch die Sternschnuppenschwärme in gleichartigen, lang gestreckten Kegelschnitten um die Sonne laufen, dass manchmal in einem Teile einer solchen Bahn ein Komet und an einer andern Stelle derselben Bahn ein Sternschnuppenschwarm sich bewegt, und dass sehr wahrscheinlich die Sternschnuppen das Produkt der Zerstreuung von Kometenmaterie sind.

*) Jahrbuch der Astronomie 1891, II. Jahrgang.

Um die Übereinstimmung der Bahnen gewisser Sternschnuppenschwärme mit Kometenbahnen zu finden, hat Schiaparelli die Bahnen einiger Schwärme berechnet und mit bekannten Kometenbahnen verglichen. Die erste Berechnung führte er 1866 an dem Augustschwarm, den Perseïden aus, indem er die Bahn, entsprechend ihrer Bewegung, als Parabel voraussetzte. Schiaparelli nahm dabei als Radiationspunkt derselben nach Alex. Herschel den Punkt von 44° Rectasc. und 56° nördlicher Deklin. des Himmels an, und als Augenblick des Durchgangs der Meteorwolke durch die Ebene der Erdbahn im Jahre 1866 den 11. August morgens 6 Uhr. Die Dauer der Umlaufszeit bestimmte er aus einer Anzahl aussergewöhnlich glänzender Erscheinungen der Augustmeteore, die er den Katalogen von Quetelet und Ed. Biot entnahm und fand sie zu 108 Jahren, doch ist dieselbe sehr unsicher. Schiaparelli fand eine grosse Übereinstimmung der Bahnelemente des Augustschwarmes mit denjenigen des von **Oppolzer** im Sommer 1862 beobachteten Kometen III; die Bahnelemente der Perseïden von Schiaparelli und diejenigen des Kometen III 1862 von Oppolzer berechnet, nebeneinander gestellt, sind nämlich:

	Für den Augustschwarm	Für den Kometen III 1862
Durchgang durch das Perihel	Juli 23,62 (1866)	Aug. 22,9 (1862)
Länge des Perihels	343° 38′	344° 41′
Länge des aufsteigenden Knotens	138° 16′	137° 27′
Neigung der Bahn gegen die Eklipt.	64° 3′	66° 26′
Periheldistanz	0,9643	0,9626
Umlaufszeit	108 Jahre	121,5 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig.

Aus den obigen Bahnelementen ergibt sich die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Augustmeteore der Erde begegnen, zu 8 Meilen, ziemlich übereinstimmend mit dem durch Alex. Herschel aus Beobachtungen gefundenen Werte von 7,5 Meilen. Die obigen Elementensysteme zeigen nur eine geringe Abweichung von einander; dieser Unterschied rührt daher, dass sich der Radiationspunkt und der Knoten der Perseïden nur ungenau angeben lässt. Grössere Abweichung zeigen die Umlaufszeiten, weil eben dieses Element sich in beiden Bahnen nur unsicher bestimmen lässt; sie ist deshalb ohne grosse Bedeutung. Der Komet III 1862 ist also nichts anderes, als eine dichtere Stelle des seit über 1000 Jahren bekannten Meteorstromes der Perseïden.

Für den **Novemberschwarm, die Leoniden,** wurde durch die Rechnungen von Schiaparelli, Oppolzer, Peters und Le Verier, der erzeugende Komet ebenfalls gefunden; es ist der **Tempelsche Komet** von 1866 I, der zuerst von **Tempel** in Marseille beobachtet wurde. Die Elemente des Sternschnuppenschwarmes der Leoniden und diejenigen des Tempelschen Kometen neben einander gestellt sind nämlich:

	Für die Leoniden	Für den Kometen 1866 I.
Durchgang durch das Perihel 1866	Nov. 10,092	Jan. 11,16
Länge des Perihels	56° 26′	60° 28′
Länge des aufsteigenden Knotens	231° 28′	231° 26′
Neigung der Bahn gegen die Eklipt.	17° 44′	17° 18′
Periheldistanz	0,9873	0,9765
Excentricität	0,9046	0,9054
Halbe grosse Bahnaxe	10,340	10,324
Umlaufszeit	33,250 Jahre	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig	rückläufig.

Es läuft also der Tempelsche Komet 1866 I. in der Bahn des Meteorstroms der Leoniden und ist die dichteste Stelle desselben.

Ein frappantes Beispiel, dass Kometen unter gewissen Bedingungen sich in Sternschnuppenschwärme auflösen können, bildet der im Jahre 1805 von Pons entdeckte und im Jahre 1826 von dem östreichischen Hauptmann **W. v. Biela** wieder entdeckte und berechnete **Bielasche Komet.** Seine Umlaufszeit wurde zu $6^3/_4$ Jahren befunden. Im Jahre 1832 kam er, wie vorausberechnet, wieder; im Winter 1845/46 teilte er sich unter den Augen der Beobachter in 2 völlig gesonderte Kometen von gleichem Aussehen; im Jahre 1852 kehrte der Doppelkomet wieder zurück, aber der Abstand der beiden einzelnen Kometen war von 34,000 auf 300,000 Meilen gestiegen. In den Jahren 1859 und 1866 konnte, trotz der eifrigsten Nachforschungen, der Doppelkomet nicht aufgefunden werden, und man schloss, dass sich derselbe teilweise aufgelöst habe. Auch zur Zeit der folgenden Wiederkehr im Herbst 1872 konnte keiner der Kometen des Paares aufgefunden werden, dagegen trat in der Nacht vom 27. auf den 28. November 1872, zu welcher Zeit die Erde dicht an der Bahn des Bielaschen Kometen vorbeiging, ein grossartiger Sternschnuppenregen ein; an einigen Orten fielen die Sternschnuppen zur Zeit des Maximums so dicht, dass an ein Zählen nicht zu denken war. Der Radiationspunkt lag in γ Andromedæ. Aus der Lage des Radianten und

der beobachteten Geschwindigkeit der Meteore berechnete Schiaparelli die Bahn des den Sternschnuppenregen erzeugenden Schwarmes und fand dabei eine sehr grosse Übereinstimmung mit derjenigen des Bielaschen Kometen. Hätte der Komet noch als solcher bestanden, so würde die Erde am 27. November gar nicht mit ihm zusammengetroffen sein, weil derselbe schon einige Monate früher die Erdbahn in diesem Punkte gekreuzt hätte. Die Umlaufszeit des Schwarmes ergab sich zu $6^1/_2$ Jahren. Prof. Klinkerfues in Göttingen kam bei Anlass dieses Sternschnuppenregens vom 27. November 1872 zu der Meinung, es könnte der Kopf der betreffenden Meteorwolke einige Zeit nach ihrem Durchgang durch die Erdbahn in dem Gegenpunkte des Radiationspunktes, im Centauren, als Komet gesehen werden; dieser konnte aber nur auf der südlichen Halbkugel sichtbar werden, er forderte daher Pogson in Madras telegraphisch auf, in jenem Sternbilde nach einem Kometen zu suchen. Wirklich fand Pogson an dem angegebenen Orte einen Kometen, konnte denselben aber nur an 2 Abenden beobachten. Da aber 2 Beobachtungen zu einer unabhängigen Bahnberechnung eines Kometen nicht hinreichen, so lässt sich nicht entscheiden, ob jener von Pogson gesehene Komet mit einem der beiden Bielaschen Kometen identisch ist. Der dem Bielaschen Kometen entsprechende Schwarm hat sich dann aber auch am 27. November 1885 wieder reichlich eingestellt; nach den Untersuchungen von Prof. **Newton** betrug um die Zeit des grössten Glanzes die stündliche Zahl der aufleuchtenden Meteore 75,000. Der Radiant war derselbe wie 1872. Auch im Jahr 1892 waren die Biela-Meteore sehr reichlich, und zwar zeigte das Phänomen seine grösste Intensität schon am 23. November, während die beiden früheren Erscheinungen erst am 27. November stattgefunden hatten. Der Kreuzungspunkt des Schwarmes und der Erdbahn hat sich somit um 4 Grade, entgegen der Richtung der Erdbewegung, verschoben. Diese Verschiebung der Bahn der **Bieliden** hat **Bredechin** in Pulkowa erklären können durch die störende Wirkung des Jupiter in den Jahren 1889 bis 1891. Es ist somit nicht zu bezweifeln, dass der Bielasche Komet sich wirklich in einen Sternschnuppenschwarm aufgelöst hat, höchst wahrscheinlich hat die Teilung und der vollständige Zerfall des Kometen schon im Jahre 1846 begonnen. Weil der Radiationspunkt des Schwarmes im Sternbild der Andromeda liegt, heissen diese Meteore auch die **Andromeden.** Die nächste, mit grossem Sternschnuppenregen verbundene Wiederkehr der Bieliden geschieht Ende November 1898.

Man hat seither die Bahnen vieler Meteorströme berechnet und sie mit den Bahnen bekannter Kometen verglichen. Professor **Alb. Herschel** gibt zwar in einer Zusammenstellung aller Meteorströme und Kometen 71 Beispiele, die bezüglich ihrer Bahnen eine gewisse Verwandtschaft verraten, allein im ganzen ist eine sichere Übereinstimmung nur in den folgenden 4 Fällen nachgewiesen:

Meteorströme.	Kometen.
Lyriden (Aprilschwarm)	Komet d'Arrest I. 1861
Perseïden (Augustschwarm)	Komet III 1862
Andromeden (Novembermeteore)	Bielas Komet
Leoniden (Novemberschwarm)	Tempels Komet I. 1866.

In Anbetracht der grossen Anzahl berechneter Bahnen von Kometen und Meteorschwärmen ist diese Zahl der Übereinstimmungen ziemlich klein und die Erwartung, dass sich bald zahlreiche andere Übereinstimmungen finden werden, hat sich als irrig erwiesen.

Die Erde und die übrigen Planeten üben in Folge ihrer Anziehung einen **störenden Einfluss** aus auf die Bahnen der Sternschnuppen und die Kenntnis der Grösse desselben ist von grosser Wichtigkeit. Schiaparelli hat diesen Einfluss genau untersucht und findet, dass die Erde als störender Planet die ganz nahe an der Erde vorbeigehenden Novembermeteore in ihrer relativen Bewegung um einen Winkel von 1^0 28′ im Maximum ablenkt, und dass durch diese Störung in den Grenzfällen die mittlere Umlaufszeit der Leoniden von $33^1/_4$ Jahren bis auf 28,67 Jahre vermindert oder bis auf 49,92 Jahre vergrössert werden kann. Hieraus folgt, dass derjenige Teil der Leoniden, der sehr nahe an der Erde vorbeigeht, nach und nach seine Umlaufszeit ändert und sich im Laufe der Zeit in einen ringförmigen geschlossenen Strom über die ganze Bahn ausdehnen kann. Die Änderung im Ausstrahlungspunkt wird aber trotzdem keine bedeutende sein, denn, wie Schiaparelli gezeigt hat, kann ein Meteorstrom mit fast geometrischer Genauigkeit von einem Punkte ausstrahlen, während seine Elemente verschiedene Bahnen im Raume beschreiben.

Einen bedeutend grössern störenden Einfluss auf die Meteore als die Erde, haben die grossen Planeten, besonders Jupiter. Durchschneidet ein solcher grösserer Planet einen Meteorstrom, oder kommt er ihm sogar nur auf einige 100,000 Meilen nahe, so werden die zunächst liegenden Teile des Stromes so stark abgelenkt, dass für diesen Teil der Strom als zerstört angesehen werden kann. Nach

mehreren solchen Bewegungen wird der ursprüngliche Zusammenhang zwischen diesen Meteoren nicht mehr zu erkennen sein; sie werden als **sporadische Meteore** durch den Raum ziehen.

Es drängt sich uns nun die Frage auf, nach dem **Ursprung und der Entstehung der Meteorströme.** Wie früher erwähnt, haben die Untersuchungen über die Bahnen der Feuerkugeln und Meteoriten, besonders diejenigen von Prof. Niessl, unzweifelhaft auf **hyperbolische Bahnen** derselben geführt, und weil man die Sternschnuppen mit den Feuerkugeln und Meteoriten als Körper derselben Klasse ansieht, so müssen für die Sternschnuppen, neben parabolischen und elliptischen, auch hyperbolische Bahnen zugelassen werden. Schiaparelli hat nun aber gezeigt, dass, wenn ein Himmelskörper aus den Fixsternräumen in den Bereich der Sonnenanziehung tritt und selbst in das Innere unseres Sonnensystems dringt, er eine entschieden hyperbolische Bahn beschreiben muss, somit umgekehrt eine hyperbolische Bahn eines Himmelskörpers seine Herkunft aus den Fixsternräumen bedingt. Ein aus dem Sternraum kommender Körper kann nur dann eine fast parabolische Bahn beschreiben, wenn die Geschwindigkeit und Richtung seiner Bewegung fast genau gleich ist der Geschwindigkeit und Richtung der Eigenbewegung der Sonne. Da ferner die starken Neigungen der Bahnen und die rückläufigen Bewegungen der Meteorströme und Kometen keine Wahrscheinlichkeit zulassen, ihre Entstehung mit derjenigen der planetarischen Körper des Sonnensystems nach der Kant-Laplaceschen kosmogonischen Hypothese, in Zusammenhang zu bringen, so drängt sich uns die schon von **Halley** vermutete Hypothese auf, dass die Sternschnuppen, sowie die Kometen ausserplanetarischen Ursprungs sind, dass sie aus den Fixsternräumen als Fremdlinge in unser Sonnensystem kommen. Da die Sternschnuppen zu Systemen vereinigt zu uns gelangen, so ist die Vorstellung, dass sie schon ausserhalb des planetarischen Raumes sich zu Systemen vereinigen und dass sie dort kugelförmige Anhäufungen von äusserst dünner Materie bilden, naturgemäss. Schiaparelli hat nun in sehr scharfsinniger Weise gefunden, dass ein System von kugelförmiger Gestalt, gleichgiltig, ob dasselbe aus kontinuierlicher Materie oder aus diskreten Teilchen bestehe, unter der Voraussetzung, dass seine Dichte sehr gering ist, sich auflösen muss, sobald es sich bis zu einer gewissen Grenze der Sonne nähert. Die Grenze, bei welcher die Auflösung beginnt, hängt keineswegs von der Grösse des kugelförmgen Systems ab, sondern nur von der Menge der in ihm enthaltenen Materie und von seiner Entfernung von der Sonne.

Diese auflösende Kraft der Sonne ist nur eine Folge ihrer Anziehung, denn die der Sonne näher liegenden Massenteilchen des Systems werden von derselben stärker angezogen, als die entfernteren und müssen sich daher an beiden Orten vom Mittelpunkt des ursprünglich kugelförmigen Systems in der Richtung ihrer Bahn entfernen, sobald die Anziehung der Sonne die nach dem Mittelpunkt des Systems gerichtete Massenanziehung überwiegt, und denselben Einfluss üben auch die Planeten aus. Ist das der Sonne sich nähernde kosmische System überall gleich dicht, so beginnt die Auflösung desselben, sobald die Gleichgewichtsgrenze überschritten ist, in allen seinen Schichten gleichzeitig; nimmt die Dichte nach dem Innern zu, so beginnt die Auflösung in den äussern Schichten. Unter dem Einfluss der Sonnenanziehung wird sich daher die aus einem Schwarm kleiner Körperchen bestehende kosmische Wolke deformieren, indem sie sich längs ihrer Bahn ausdehnt und verlängert und so einen sog. **Meteorstrom** bildet; ein Planet kann durch seine Störungen zu einer elliptischen Bahn Veranlassung geben. Im Laufe der Zeit wird die ganze Bahn mit Meteorkörperchen besetzt sein, so dass ein geschlossener elliptischer Ring, ein **geschlossener Meteorstrom**, entsteht.

Die Kometen sind nun, nach allem, was wir von ihnen wissen, als eine Anhäufung von kosmischer Materie von sehr geringer Dichte zu betrachten, welche den Bedingungen einer solchen Auflösung entsprechen, wie dies beim Bielaschen Kometen am sichersten beobachtet wurde. Die Kometen werden aus dem Weltraum von der Anziehung der Sonne in unser System eingeführt und zwar ist, wie Prof. Höck bemerkt hat, die Möglichkeit sehr wahrscheinlich, dass sie nicht als isolierte Massen zu uns gelangen, sondern als Glieder von zusammengesetzten Systemen, indem sie ebenfalls Ströme bilden. In Folge der auflösenden Kraft der Sonne und der Einwirkung der Planeten erfahren die Kometen eine fortdauernde Umformung in einen parabolischen oder elliptischen Meteorstrom, in welchem die Materie sehr ungleich verteilt ist. Der Strom ist in eine Menge einzelner Haufen geteilt, eine Art Flocken von ausserordentlicher Leichtigkeit, welche nichts mit einander gemein haben, als die Richtung und Geschwindigkeit ihrer Bewegungen. Wenn aber in einigen Teilen des ursprünglichen Haufens oder des Stromes, welchen er gebildet hat, eine oder mehrere Konzentrationen existieren, so dass infolge der gegenseitigen Anziehung die darin angehäufte Materie der Auflösung in einzelne isolierte Wolken widersteht, so können diese Teile in grosser Entfernung als Kometen gesehen wer-

den. Ein Sternschnuppen- oder Meteorschwarm kann also bald da, bald dort die physikalischen Bedingungen erlangen, welche ihn als Kometen erscheinen lassen. Wenn nun ein solcher Strom die Erdbahn alljährlich kreuzt, so wird er zu periodischen Sternschnuppenfällen von verschiedener Intensität Veranlassung geben, je nach der grösseren oder kleineren Annäherung der wolkigen Flocken.

Was die **sporadischen Sternschnuppen** anbetrifft, welche sich unbestimmt nach allen Richtungen durch den Raum bewegen, so können diese von kosmischen Flocken herrühren, die isoliert aus der Tiefe des Weltraums angekommen, oder von Meteorschwärmen, die durch starke Anziehung der Planeten zerstört und sehr stark zerstreut worden sind.

Nach Betrachtung der Beziehungen zwischen den Sternschnuppen und den Kometen wollen wir noch auf die Verwandtschaft zwischen den Sternschnuppen und Meteoriten eintreten. Im Verlaufe dieses Vortrages ist schon mehrfach die von den meisten Astronomen vertretene Ansicht begründet worden, dass zwischen Sternschnuppen, Meteoriten und Feuerkugeln kein principieller Unterschied besteht, dass sie alle derselben Klasse von Himmelskörpern angehören. Allein die Thatsache, dass auffallend starke Sternschnuppenschauer, wie sie die Leoniden, Perseïden und die Andromeden des Bielaschen Kometen schon mehrmals erzeugt haben, trotz vielseitiger Beobachtung des Himmels keine nachweisbaren Meteoritenfälle lieferten, wird von einigen Astronomen als ein grosser Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen mit den Meteoriten betrachtet.

Vielleicht rührt dies daher, dass die Substanz, aus welcher die Sternschnuppen bestehen, infolge der grossen Geschwindigkeit, mit welcher sie in die Erdatmosphäre eindringen, immer schon in grosser Höhe aufgelöst wird, wie nachher noch begründet werden soll, oder dass in einem Sternschnuppenschwarm überhaupt keine so grossen Massen vorkommen, wie sie als Meteoriten auf die Erde fallen.

Schiaparelli führt zwar einige Fälle an, in welchen Sternschnuppensubstanz auf den Erdboden gefallen sein soll. Der erste gehört dem grossen Sternschnuppenregen zur Zeit des Konzils zu Clermont im Jahre 1095 an. Den zweiten Fall berichtet Haidinger von einem am 31. Juli 1859 in Steiermark beobachteten Meteor, und der dritte Fall ereignete sich am 16. November 1859 abends $8^1/_2$ Uhr zu Charleston in Süd-Carolina.

In der äusseren Erscheinung zwischen einer still dahinziehenden Sternschnuppe und einer Meteoriten niedersendenden, alles taghell erleuchtenden und mit Donnergetöse explodierenden Feuerkugel besteht allerdings ein grosser Unterschied. Allein dieser Übergang von den Sternschnuppen zu den Feuermeteoren ist kein sprungweiser, zwischen beiden Erscheinungen gibt es eine Menge den Übergang vermittelnder Formen und jene beiden Meteore bilden nur die Endpunkte **einer** und derselben Skala. Immerhin bleibt die Frage, ob die uns bekannten kometarischen Sternschnuppenströme auch solche grössere Massen, wie solche als Meteorite zur Erde gelangen, mit sich führen, einstweilen eine offene.

Einen weitern Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen und der Meteorite haben einige darin zu finden gemeint, dass die Periode der Meteoritenfälle eine ganz andere ist als diejenige der Sternschnuppen. Schon Haidinger fand, dass die Anzahl der Nachmittagsfälle um 40 % grösser sei als die der Vormittagsfälle, und Julius Schmidt hat folgende Zusammenstellung für die jährlichen Meteoritenfälle gegeben: (Dr. F. Klein, Kosmolog. Briefe.)

	Meteoritenfälle	Detonationen	Schweife
Januar	22	52	39
Februar	19	44	32
März	27	51	38
April	27	37	26
Mai	41	40	27
Juni	31	33	31
Juli	39	44	50
August	25	34	108
September	18	36	59
Oktober	28	50	54
November	20	61	67
Dezember	26	53	44

Die Tabelle zeigt, dass die grösste Anzahl der Meteoritenfälle im Mai stattfindet, in welchem Monat auch die meisten Detonationen, aber die wenigsten Schweife vorkommen. Wie Schmidt bemerkt, will es scheinen, dass der vollständigste Verbrennungsprozess die häufigsten Schweife und die seltensten Steinfälle bedingt.

Die Ursache der verschiedenen periodischen Häufigkeit der Sternschnuppen und Meteorite lässt sich ziemlich befriedigend erklären. Wie wir früher gesehen, besteht der Grund der täglichen Variation der

Meteorhäufigkeit in der Bewegung der Erde in ihrer Bahn, in Verbindung mit ihrer Axenumdrehung; es scheint daher die Umgebung des Apex eine grössere Anzahl von Sternschnuppen auszusenden als die entgegengesetzten Regionen, und zwar tritt das Maximum gegen morgens 6 Uhr ein. Ohne das Vorhandensein der Erdatmosphäre wäre dies ohne Zweifel auch für die auf die Erde stürzenden Meteorite der Fall. Setzen wir aber voraus, dass die Bahnen der Meteorite Parabeln sind, so wird die Fallgeschwindigkeit derselben in der Richtung des Apex zur entgegengesetzten sich verhalten wie 4,34 : 1. Aus diesem Grunde wird in einer von der Seite des Apex herabstürzenden Masse, weil der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit des Meteors wächst, $(4{,}34)^2$ oder 19 m al so viel Wärme erzeugt als in einer von der entgegengesetzten Richtung herabstürzenden, gleich grossen Masse, und daher wirkt auch die Ursache, welche die Auflösung bedingt, in der Nähe des Apex 19 mal stärker als in der Nähe des Antiapex. Ist nun auch die Anzahl der in der Nähe des Apex fallenden Meteore grösser, so überwiegt doch die Ursache der langsameren Bewegung, welche den weniger zahlreichen von der entgegengesetzten Seite kommenden ein Herabfallen auf die Erde gestattet. Aus diesem Grunde ist die Zahl der Nachmittagsfälle grösser als die der Vormittagsfälle, weil am Nachmittag der Apex unter dem Horizonte steht, und aus demselben Grunde erklärt sich nun auch die vorher erwähnte Thatsache, dass bei den grossen Sternschnuppenregen der Leoniden und Perseïden nicht mehr Meteore zur Erde kommen als zu andern Zeiten. Ihre Radianten sind 10° und 40° vom Apex entfernt, und die Meteore derselben stürzen sich mit so grosser Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre, dass, wie Schiaparelli sagt, ihre gänzliche Auflösung in der Atmosphäre keine absurde Annahme ist. Im Falle hyperbolischer Bahnen gilt dasselbe noch in höherem Maasse.

Ist die obige Erklärung richtig, so müssen die Meteorregen von kleiner Geschwindigkeit mehr Meteorite liefern als sonst für dieselbe Periode im Mittel zu erwarten wäre. Ein solcher Fall tritt aber z. B. ein für die alljährlich anfangs Dezember sich zeigenden Sternschnuppen. Wirklich finden auch in den ersten Tagen des Dezember zahlreiche Aërolithenfälle statt, so dass schon d'Arrest auf die Möglichkeit hingewiesen hat, dass diese Meteorite von der Auflösung der Bielaschen Kometen herstammen. Sämtliche bisher betrachtete Thatsachen sprechen also mehr oder minder deutlich für die Identität der Sternschnuppen mit den Meteoriten.

Was die Frage nach dem **Ursprung der Aërolithen** anbelangt, so ist diese im Vorhergehenden schon gelöst, wenigstens so weit überhaupt aus dem vorliegenden Material eine Lösung möglich ist. Weil nämlich, wie schon mehrmals erwähnt, nach der am meisten vertretenen Ansicht die Meteorite von demselben Ursprung sind, wie die Sternschnuppen und Kometen, so wäre die Fixsternwelt ihre ursprüngliche Heimat, wie auch der hyperbolische Charakter der Bahn eines Teiles derselben direkt beweist. Allein die Mineralogen widersetzen sich dieser Ansicht wegen der merkwürdig übereinstimmenden mineralogischen Zusammensetzung und der gleichförmigen innern Struktur der Meteorite, wodurch sie uns fast als Mineralien desselben Bergwerks erscheinen, so dass man beinahe versucht wird, denselben einen irdischen Ursprung beizulegen. Ein Teil der Astronomen, wie Faye, H. J. Klein, nimmt daher die Hypothese Lagrange an, nach welcher die Meteorite planetarischen Ursprungs sind, durch Vulkane der Planeten in den Raum geschleudert, die, wenn sie der Erde begegnen, von ihr angezogen werden und unter Umständen auf den Erdboden fallen, nachdem sie mehr oder weniger lange im Raum herumgeirrt sind. Bei der Annahme, die Meteorite seien irdischen Ursprungs, bleibt aber eine grosse Schwierigkeit zu erklären, nämlich die ungeheure Geschwindigkeit, mit welcher jene Massen fortgeschleudert werden mussten, um sie aus dem Bereich der Anziehung der Erde zu bringen. Man könnte nun diese Schwierigkeit überwinden durch die einigermassen begründete Annahme, dass die vulkanischen Kräfte der Erde in Urzeit bedeutend stärker gewesen seien als gegenwärtig. Welch gewaltige vulkanische Kräfte auch jetzt noch wirken, hat der Ausbruch des Kratakau am 26. August 1883 gezeigt, indem dabei eine Rauchsäule bis zu 30 km. Höhe emporgeschleudert wurde, die noch lange nachher, auch in unsern Gegenden, in den höchsten Luftschichten zu prachtvollen Dämmerungserscheinungen Anlass gab. Die Hypothese des irdischen Ursprungs der Meteorite ist aber neulich von dem amerikanischen Astronomen Newton aus guten Gründen endgiltig zurückgewiesen worden.

Anders verhält es sich aber, nach D. H. J. Klein (Jahrb. der Astr. u. Geophysik. 1890), mit der **Herleitung der Meteorite vom Monde**, allerdings unter dem Vorbehalte, solange die hyperbolischen Bahnen derselben nicht vollkommen sicher erwiesen sind. «Man kann, sagt er, ziemlich sicher annehmen, dass der Mond dieselbe innere Zusammensetzung hat, wie die Erde, daher können die Aërolithen

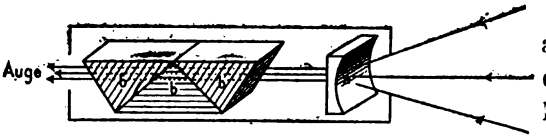
gerade so gut von ihm abstammen wie von der Erde; zudem müssen die innern Kräfte des Mondes viel gewaltiger gewirkt haben als auf der Erde, wegen der 6 mal geringeren Schwere. Betrachtet man die ungeheuren vulkanischen Formationen der Mondoberfläche, jene Krater von 10 — 20 Meilen Durchmesser, so muss man zu der Überzeugung gelangen, dass auf dem Monde einst vulkanische Kräfte gewaltet haben müssen, gegen welche diejenigen unserer Erde verschwindend klein sind. Der Umstand, dass ein vom Monde fortgeschleuderter Körper, der bei der Erde mit einer Geschwindigkeit von 4—5 Meilen pro Sekunde ankommt, selbst eine Anfangsgeschwindigkeit von 33,000 m. gehabt haben muss, ist kein Grund, an dem lunaren Ursprung desselben zu zweifeln. Wir können uns diese Explosion so denken, dass sie, minenartig aus der Tiefe gegen die Oberfläche wirkend, ein gewaltiges Ringgebirge schuf, indem sie die Trümmer aus der Höhlung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 4—5 Meilen in den Raum schleuderte, wofür auch das Fehlen der Lavakegel sprechen würde. Diese Gesteinsbrocken werden dann Bahnen um den Mond beschreiben, die meist Ellipsen sind von verschiedener Lage und Excentricität. In solchen Bahnen können unzählig viele Körperchen viele Jahrtausende hindurch um den Mond oder auch um die Erde kreisen, bis ihre Bahnen infolge der Störungen des Mondes und der Erde so geändert werden, dass bald dieses, bald jenes auf die Erde fällt».

Die sehr übereinstimmende mineralogische Zusammensetzung der Meteorite, der Umstand, dass rückläufige Bahnen bei denselben selten sind, und dass, wie Prof. Newton gefunden, bei fast allen untersuchten Meteoritenbahnen das Perihel zwischen 10 und 20 Millionen Meilen liegt, legte auch die Vermutung nahe, mit **L. Smidt** und **S. Meunier** an einen gemeinsamen Mutterkörper der Meteorite zu denken; anzunehmen, dass die meteoritischen Massen durch explosionsartige Zertrümmerung eines Körpers unseres Planetensystems entstanden seien, welcher sich in rechtläufiger Bahn um die Sonne bewegte.

Wie wir hieraus ersehen, ist die Frage nach dem Ursprung der Meteorite noch nicht gelöst, wir müssen die Lösung derselben, sowie diejenige nach der physischen Einheit der Sternschnuppen der Zukunft überlassen und einstweilen durch weitere Beobachtungen jene Lücken auszufüllen suchen, die uns gegenwärtig sichere Schlüsse noch nicht gestatten.

Gegenüber den Resultaten, welche die direkte Beobachtung über den Zusammenhang und die Natur der Kometen, Sternschnuppen,

Feuerkugeln und Meteorite geliefert hat, sind die **Ergebnisse der Spektralanalyse** über dieselben sehr dürftig. Es rührt dies von der grossen Geschwindigkeit her, mit welcher die feurigen Meteore die Atmosphäre durchfliegen, sodass dieselben bereits erloschen sind, bevor das Spektroskop auf eines derselben gerichtet und eingestellt ist. Die Möglichkeit, die Spektra einiger derselben zu erhalten, besteht ausschliesslich in denjenign Nächten, in denen ein reichlicher Sternschnuppenfall erwartet werden kann; indem man dann ein eigens zu diesem Zwecke (von Herschel und von Browning) konstruiertes **Meteorspektroskop** auf den Radiationspunkt des Schwarmes richtet. Nach den Beobachtungen von Alex. Herschel, John Browning, Secchi, v. Konkoly u. a. erwiesen sich die Spektra der **Meteorkerne** als meist kontinuierlich, in denen alle Farben des Sonnenspektrums, mit Ausnahme von Violett vorhanden waren. In einzelnen Fällen herrschte Gelb vor, in zwei Fällen bestand es aus homogenem grünem Lichte; v. Konkoli fand sehr oft auf dem kontinuierlichen Spektrum die helle Natriumlinie projiziert, und Secchi sah im Spektrum zweier Sternschnuppen sehr schön die Magnesiumlinie und ausserdem Linien im Rot. Ein auffallender Unterschied zwischen den Spektra der **Kerne** der August- und November-Meteore zeigte sich nicht.



Browning's Meteorspektroskop. a Cylinderlinse. b Prismen.

Im Spektrum der **Schweife** der August-Meteore blieb, wenn dieselben zu verschwinden anfingen, im allgemeinen nur eine intensiv gelbe Linie, welche auf das Vorhandensein von glühendem Natriumdampf schliessen lässt. Bei den November-Meteoren waren die Spektra der Schweife vorherrschend kontinuierlich und breit, ohne bestimmte Farben, die gelbe Linie der August-Meteore fehlte vollständig.

Nach den neuesten Untersuchungen und Beobachtungen scheinen die im Weltraum zerstreuten Meteormassen und kosmischen Wolken eine viel grössere Rolle zu spielen, als man bisher angenommen hat, eine Reihe von Erscheinungen in unserm Sonnensystem und in der Fixsternwelt lassen sich mit ihrer Hülfe befriedigend erklären, und zu den alten Hypothesen sind neue hinzugetreten.

Prof. Seeliger in München hat mit Anwendung theoretischer Formeln den Einfluss untersucht, den das Zusammentreffen von Planeten und Kometen mit meteorischen Massen auf die Bewegung der ersteren ausüben muss. (Über Zusammenstösse und Teilungen meteor-

ischer Massen. Abh. der bayr. Akademie der Wissenschaften 1891.) Es zeigt sich dabei, dass die Bewegung der ersteren um die Sonne einen Widerstand erfährt, unter der Annahme, dass aus allen möglichen Himmelsrichtungen eine gleich grosse Anzahl Meteore auf den betreffenden Himmelskörper stürzt. Bei specieller Anwendung jener Formeln auf die Erde und ihren Mond fand Seeliger die schon von Oppolzer erkannte Möglichkeit, die von der Störungstheorie unerklärte **säculare Acceleration** des Mondes, die in einem Jahrhundert 6,11 Sekunden beträgt, durch **meteorischen Einfluss** abzuleiten, ohne Zuhilfenahme der Hypothese von Delauney, welcher dieselbe durch die Verzögerung der Erdrotation infolge der Flutwirkungen der Meere erklärt. Die Verzögerungen der Erdrotation durch die Meteore, die Vergrösserung der Masse des Mondes, die Verlangsamung der tangentialen Bewegung desselben durch den Stoss der auffallenden Meteore müssen nämlich gemeinsam die Umlaufszeit des Mondes so verkürzen, dass sich dies durch eine Beschleunigung der Winkelbewegung des Mondes sehr wohl bemerklich machen könnte. Sie lässt sich auch durch die Annahme erklären, dass die in jedem Jahrhundert sich mit der Erde vereinigende kosmische Staubmenge einer rings die Erde umgebenden Schicht von $^1/_2$ mm. Dicke und von der mittleren Dichte der Erde gleichkomme.

Von grösserer Bedeutung erwiesen sich die Anwendungen der Formeln für den durch Meteore erzeugten Widerstand auf die **Kometen,** weil auf diese Weise die Abweichungen, welche der **Enckesche Komet** in seinem Umlauf um die Sonne gezeigt hat, völlig erklärt werden können.

Bekanntlich zeigte der Enckesche Komet, dessen Umlaufszeit beinahe 1200 Tage beträgt, eine fortschreitende Abnahme dieser Umlaufszeit, welche Erscheinung zuerst von **Encke** bemerkt wurde. So ist von 1819 bis 1868 die Rückkehr zum Perihel um 12 Tage vorgerückt, für jeden Umlauf um 6 Stunden. Aber diese bis zum Jahr 1868 regelmässige Abnahme der Umlaufszeit hat sich aus noch unbekannten Ursachen plötzlich geändert. Die Beschleunigung der mittlern Bewegung, welche zuerst 0,10″ war, beträgt jetzt nach den Beobachtungen von 1871—1885 nur noch die Hälfte. Encke erklärte die Zunahme jener Geschwindigkeit durch die Wirkung eines im Weltraum verteilten widerstehenden Mittels, das beständig seine Bahn stärker krümmen, dieselbe der Sonne nähern und so die Dauer seiner Umlaufszeit verkürzen sollte, sodass schliesslich der Komet in

die Sonne stürzen müsste. Encke nahm den Widerstand dieses Mittels proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit des Gestirns, und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung von der Sonne an. Auch von andern Astronomen wurde dieses Mittel angenommen. Seither wurden noch einige periodische Kometen von kurzer Umlaufszeit auf die Wirkung des widerstehenden Mittels untersucht, wie der Komet von Faye 1861 durch Möller, der Komet von Winnecke durch Oppolzer in den Jahren 1858—1868; ferner nähern sich nichtperiodische Kometen der Sonne noch viel mehr, als der Encke'sche, der grosse Komet von 1882 z. B. streifte im Perihel beinahe die Sonnenoberfläche, so dass, wenn das widerstrebende Mittel in Encke's Sinne existierte, seine Wirkung hätte beträchtlich sein müssen. Allein in diesen wie in andern Fällen konnten alle Beobachtungen gemacht werden, ohne ein widerstehendes Mittel annehmen zu müssen, der Encke'sche Komet bietet das einzige bis jetzt bekannte Beispiel dieser Anomalie. Dieses Resultat, zusammen mit der unerklärten Änderung von 1868, ist dem Vorhandensein eines widerstehenden Mittels nicht günstig, es wurde auch bereits von Bessel und Faye bekämpft und in neuerer Zeit wendet man sich immer mehr von demselben ab.

Seeliger hat nun vermittelst seiner Formeln gezeigt, dass sich die Änderungen in der Umlaufszeit des Encke'schen Kometen vollkommen erklären lassen durch den Widerstand von meteorischen Massen, mit denen der Komet in seiner Bahn zusammentraf, sogar die Unregelmässigkeiten in der Veränderung der Umlaufszeit desselben lassen sich erklären, sobald man als Ursache derselben den Zusammenstoss mit Meteormassen, die nicht ganz gleichförmig im Raum verteilt sein werden, betrachtet. Der Encke'sche Komet kehrt im Frühjahr 1895 zum Perihel zurück und wird wahrscheinlich schon im Spätherbst 1894 gesehen werden.

Seeliger macht noch speziell darauf aufmerksam, dass unter dem zur Erklärung der Bewegung des Encke'schen Kometen herangezogenen «widerstehenden Mittel» keineswegs der Lichtäther zu verstehen sei, was jetzt noch vielfach geschieht, denn der Lichtäther kann nicht die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems im Raum mitmachen, was vom widerstehenden Mittel verlangt wird, und dann müsste die schon an und für sich unzulässige Annahme einer Dichtigkeitszunahme des Lichtäthers in der Sonnennähe Lichtbrechungen bedingen, welche gewisse, in Wirklichkeit nicht wahrgenommene Anomalien in der Bewegung der innern Planeten zur Folge haben müsste.

An dieser Stelle mag auch das **Zodiakal-** oder **Tierkreis-Licht** erwähnt werden, weil dasselbe nach einer vielfach verbreiteten Ansicht mit den im Raum verteilten meteorischen Massen und kosmischen Staubwolken in enger Beziehung steht. Das Zodiakallicht besteht aus *einem* matten, dem Glanze der Milchstrasse ähnlichen Lichtschimmer, in Gestalt einer schmalen, leuchtenden Pyramide, deren Basis in der zur Zeit seiner Sichtbarkeit unter dem Horizonte stehenden Sonne liegt. Die Axe der Pyramide liegt in der Ebene der Erdbahn, so dass die ganze Lichterscheinung in den Tierkreisgürtel fällt, aus diesem Grunde wurde sie von **D. Cassini** mit dem obigen Namen bezeichnet. Man kann diesen Lichtschimmer bei klarem Himmel im Frühling nach Sonnenuntergang im Westen, im Herbst vor Sonnenaufgang am Osthimmel wahrnehmen, am schönsten in den Tropen, aber auch noch deutlich in den gemässigten Zonen. Ausser dieser leuchtenden Pyramide wird unter günstigen Verhältnissen auch auf der, der Sonne gerade entgegengesetzten Seite stets ein schwächerer Lichtschimmer sichtbar, der sog. «**Gegenschein**».

Das Spektrum des Zodiakallichtes ist ein **kontinuierliches,** das wahrscheinlich von reflektiertem Sonnenlicht herrührt; wegen seiner Lichtschwäche sind die Frauenhofer'schen Linien nicht sichtbar. Die Reflexion des Sonnenlichts denkt man sich durch einen frei um die Sonne rotierenden, über die Erdbahn hinausreichenden, aus **kosmischem Staub** oder aus **sehr kleinen Meteorkörperchen bestehenden Ring** hervorgebracht, damit stimmt auch die Aussage des **Polariskopes** überein; aber man kann sich den Lichtschimmer des Tierkreislichtes auch durch einen zwischen der Venus- und Marsbahn frei schwebenden Gürtel von **selbstleuchtender, kosmischer Materie** erzeugt denken. Dieser mit kosmischer Materie erfüllte Ring ist von einigen, besonders von **Faye,** als das Auflösungsprodukt von Kometen betrachtet worden, die sich in engen, elliptischen Bahnen um die Sonne bewegten, deren Ebenen nur wenig von der Erdbahn abwichen.

Schiaparelli hat nun aber bestimmt nachgewiesen, dass, wenn das Zodiakallicht aus einer Anhäufung von phosphoreszierenden oder selbstleuchtenden Körpern bestände, oder wenn es durch Reflexion des Sonnenlichtes an einer Wolke oder an einem Ring von festen Körpern entstände, alsdann die geringste Helligkeit am Himmel sich auf der der Sonne diametral gegenüberliegenden Seite zeigen müsste, was den Beobachtungen gerade widerspricht. Genau dasselbe gilt auch, wenn man das Tierkreislicht als aus leuchtender oder erleuchteter

Nebelmaterie bestehend ansieht. Es ist daher das Zodiakallicht noch immer eine völlig rätselhafte Erscheinung und über seine physische Natur, sowie über seine kosmische Stellung im Planetensystem herrschen heute noch ebenso unsichere Anschauungen wie vor 50 und mehr Jahren.

Die Meteorschwärme und kosmischen Wolken dienen in neuester Zeit auch zur Erklärung eines Teils der sog. **neuen** und **veränderlichen Sterne**, sowie der **Nebelflecke**..

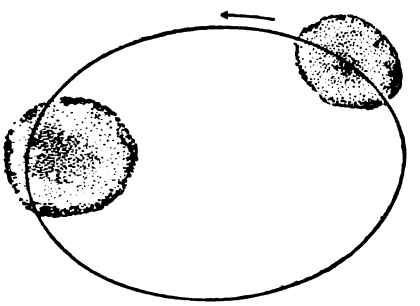
Prof. Seeliger ist der Ansicht, dass das plötzliche Aufleuchten eines Himmelskörpers, eines **neuen Sterns (Nova)**, hervorgerufen wird durch sein Eindringen in eine kosmische Wolke, die aus sehr verdünnter Materie besteht, wodurch seine Temperatur und Leuchtkraft vorübergehend sehr stark gesteigert wird. Prof. G. Hoffmann, der im letzten Jahre die verschiedenen neuen Sterne, die seit Tycho de Braha's «neuem Stern in der Cassiopeja» (im Jahr 1572) erschienen sind, und die verschiedenen Theorien zu ihrer Erklärung einer Untersuchung unterworfen hat, ist geneigt, der Ansicht Seeligers beizustimmen. Hoffmann glaubt auch, dass alle neuen Sterne im wesentlichen zu demselben Typus gehören, wie die veränderlichen Sterne von langer Periode.

Unter den **veränderlichen Sternen** gibt es nämlich eine Klasse von Sternen, deren Lichtwechsel sich in grossen Perioden vollzieht, die nie weniger als 65 Tage, meist aber mehr als 100 Tage und in 41% aller Fälle 300—400 Tage beträgt. Gewöhnlich beträgt der Wechsel 5—8 Grössenklassen, was einer Aenderung des Glanzes um das 100- bis 1500-fache entspricht. Der allgemeine Verlauf der Lichtänderung ist dabei für fast alle Sterne dieser Klasse derselbe, und fast alle wachsen schneller zu ihrer grössten Helligkeit an, als sie von dieser aus zu ihrem geringsten Glanz herabsinken. Beinahe alle Sterne dieser Klasse sind von roter Farbe und wie bei den andern Klassen der veränderlichen Sterne scheint auch bei diesen das Gesetz zu gelten, dass der Grad der Röte um so höher wird, je länger die Periode ist. Das Spektrum dieser Sterne ist der Farbe entsprechend, vom Spektraltypus III, mit starken Absorptionsbanden.

Alle die verschiedenen Theorien, die über die Ursache der Veränderlichkeit aufgestellt wurden, treffen hier nicht zu. Wäre der Stern vom Algoltypus mit dunklem Begleiter, so müsste das Licht wenigstens während der halben Umlaufszeit konstant sein. Die verschiedene Ausstrahlungsfähigkeit verschiedener Teile der Oberfläche

bei einer Axendrehung des Sterns kann den eigentümlichen Gang der Änderung ebenfalls nicht erklären. Auch die Hypothese von Klinkerfues, von mächtigen Flutwirkungen eines Trabanten, ist zu verwerfen, da dann der Zwischenraum vom Maximum zum Minimum der Helligkeit ebenso oft kürzer, wie länger sein müsste als das andere; endlich ist auch die Fleckentheorie nicht zur Erklärung zu gebrauchen, da die Differenz der Helligkeit im Maximum und Minimum zu gross ist.

Es bleibt schliesslich nur noch die Hypothese von Lockyer übrig, dass diese veränderlichen Sterne gar keine kompakte Körper, keine eigentlichen Sterne sind, sondern aus einer Anhäufung kleiner Körperchen, aus einem dichten **Meteorschwarm** bestehen. Auf Grund dieser Theorie lässt sich die Erscheinung erklären. Nehmen wir nämlich an, dass um einen solchen als Stern erscheinenden Meteorschwarm in einer sehr excentrischen Bahn sich ein zweiter herumbewegt, dann kann es vorkommen, dass zu gewissen Zeiten die beiden Schwärme einander nahe genug kommen, um die Zusammenstösse zwischen den einzelnen Meteoren zu vervielfältigen und ein stärkeres Leuchten des Gestirns hervorzubringen, als zu andern Zeiten.



Veränderlicher Stern nach Lockyer.

Bedenkt man, dass die seit langer Zeit bekannten Meteorschwärme der Leoniden und Andromeden, trotz ihres langen Bestandes, noch nicht in Meteorringe aufgelöst sind, so hat diese Art der Erklärung eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, nur die spektralanalytischen Untersuchungen stehen mit derselben noch nicht im Einklang. Auch nach Ritter können die Meteorschwärme als fördernde, wie als störende Ursachen der Leuchtkraft mancher Gestirne auftreten, da die Meteoriten in denselben eine viel höhere Temperatur erreichen können, als man bis jetzt angenommen hat.

Was die **Nebelflecke** anbetrifft, so findet Ritter aus seinen Rechnungen, dass bei dem grossen Volumen und der sehr geringen Dichte derselben ein blosser Verdichtungsprocess nicht genügen würde, um eine bis zum Glühen der Nebel hinreichende Wärmemenge hervorbringen zu können, man müsste denn annehmen, dass Nebelflecke existieren, die mehr als das 1000-fache der Sonnenmasse betragen.

Ritter ist daher geneigt, den Glühzustand der Nebel durch den Zusammenstoss ausgedehnter kosmischer Wolken zu erklären, welche beim Beginn ihrer gegenseitigen Annäherung bereits eine gewisse interstellare Anfangsgeschwindigkeit gehabt haben.

Zu einer wahrhaft universellen Bedeutung will Lockyer die Meteoriten erheben. Aus einer gewissen Übereinstimmung in den spektralen dunkeln und hellen Banden des Kohlenstoffes und in den Absorptionslinien einiger Metalle (Mangan, Magnesium, Blei) in den Spektra der Kometen, der Nebelflecke, der Fixsterne der Klasse III und der Sterne mit hellen Linien, stellte Lockyer die Ansicht auf, dass die Nebelflecke aus kosmischem Staub in möglichst gasförmigem Zustande bestehen, der sich nach und nach zu Meteoriten verdichtet, so dass Meteorschwärme entstehen und dass jene Sterne der Klasse III nicht eigentliche Sterne, sondern dichte Schwärme von Meteormassen sind. Das Leuchten denkt sich Lockyer zu Stande gebracht durch Zusammenstösse der einzelnen Meteoriten, die infolge dessen eine sehr hohe Temperatur erreichen und von glühenden Dämpfen umgeben sind. Durch weitere Condensation dieser Meteorschwärme wächst die Temperatur und es entstehen nach und nach die Sterne von der Klasse I, welches die heissesten Himmelskörper sind. Bei fortgesetzter Condensation findet zuletzt durch Ausstrahlung Abkühlung zur Klasse II und nachher Erstarren und Erlöschen statt. Die Hypothese Lockyers befürwortet also den **meteoritischen Ursprung aller kosmischen Himmelskörper**, vom kosmischen Nebel bis hinauf zu den hellsten und heissesten Sternen der Klasse I und hinunter bis zur dunkeln, kalten Kugel.

Wie schon aus diesem Abschnitt über Meteorastronomie zu ersehen ist, existieren eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Hypothesen über Entstehung, Ursprung, physische Beschaffenheit und Zusammenhang der unzählbaren Körper aller Grössen, welche den unermesslichen Weltraum durchstreifen, und es bleibt noch eine sehr grosse Arbeit zu thun übrig, diese Hypothesen zu sichten und diejenigen herauszufinden, welche der Wahrheit am nächsten kommen, so dass sich alle beobachteten Erscheinungen vermittelst derselben ungezwungen erklären lassen. Von allen diesen Körpern, vom grössten bis zum kleinsten, wissen wir nur das sicher, dass sie dem Newton'schen Gravitationsgesetze gehorchen, aber die Natur, die Ursache und die Wirkungsweise der anziehenden Kräfte selbst, mit welchen alle diese Körper aufeinander wirken, sind für uns bis jetzt noch in ein

undurchdringliches Dunkel gehüllt. Ausserdem deuten uns eine Reihe anderer unerklärter Naturerscheinungen, wie das Nordlicht, die Schwankungen der Magnetnadel und der Zusammenhang beider Erscheinungen mit der Sonnenthätigkeit, die Abstossung der Kometenschweife durch die Sonne u. a. an, dass ausser den anziehenden noch andere Kräfte, besonders magnetischer und eektrischer Art, im Weltall thätig sind; vielleicht sind sie im Grunde alle ein und derselben Natur. Es bleibt der Zukunft vorbehalten, diesen Schleier zu lüften, auch jetzt noch, wie vor 1900 Jahren gelten im weitern Sinne die Worte des grossen Römers **Seneca: „Wir müssen uns mit dem begnügen, was bis jetzt gefunden ist, und es unsern Nachkommen überlassen die Wahrheit näher zu ergründen.“**

Neben der im Text angegebenen Litteratur wurde bei der Abfassung dieses Vortrages noch folgende benutzt:

Dr. H. J. Klein. Kosmologische Briefe. 3. Auflage.
Dr. H. J. Klein. Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. I., II. und III. Jahrgang 1890—1893.
Dr. Schellen. Die Spektralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper. 3. Auflage 1883.
R. Wolf. Handbuch der Astronomie. Zürich 1890—1893.
Verschiedene Abhandlungen aus naturwissenschaftlichen und astronomischen Zeitschriften.

Bern, im Januar 1894.

F. Stähli.

Die Cylinderfokalen.

Eingereicht im Januar 1894.

I. Fokalen des elliptischen Cylinders.

Durch eine Gerade im Raume, deren Richtung normal ist zu derjenigen Hauptebene eines elliptischen Cylinders von den Halbaxen a und b, welche durch die Längsaxe und durch die grosse Axe desselben geht, legen wir ein Ebenenbüschel. Sämtliche Ebenen desselben schneiden dann die Cylinderfläche in Ellipsen, von konstanter kleiner und variabler grosser Axe. Die Brennpunkte aller dieser Schnittellipsen liegen in jener Hauptebene; ihr Ort ist daher eine *ebene Kurve,* welche Cylinderfokale heissen möge. Dieselbe zu untersuchen, ist Aufgabe der vorliegenden Arbeit. —

Aufstellung der Gleichung.

Zum Zwecke der Ermittlung der Kurvengleichung legen wir ein 3 rechtwinkliges Koordinatensystem zu Grunde. Die Cylinderaxe sei vertikal stehend. Als (xy) Ebene wählen wir diejenige Hauptebene des Cylinders, in der die Fokale liegt; die (yz) Ebene legen wir parallel zu den Erzeugenden des Cylinders durch die Axe des Ebenenbüschels; durch diese Axe gehe auch die 3. Ebene des Systems senkrecht zur Cylinderaxe. In dem Fall liegt der Koordinatenursprung O auf der Büschelkante und diese letztere ist die Axe z.

Eine beliebige Ebene E (Fig. 1) des Büschels bilde mit der (xz) Ebene den Winkel φ. Dieselbe schneidet die Cylinderfläche in einer Ellipse mit den Brennpunkten F und F'. Bezeichnen wir ihre Abstände vom Koordinatenursprung mit ϱ und ϱ', setzen ferner $OC = d$, so ergeben sich für ϱ und ϱ' die Gleichungen:

$$\varrho = \frac{d}{\cos\varphi} - e, \quad \varrho' = \frac{d}{\cos\varphi} + e,$$

wo e die Excentricität der Schnittellipse bedeutet.

Blatt 1.

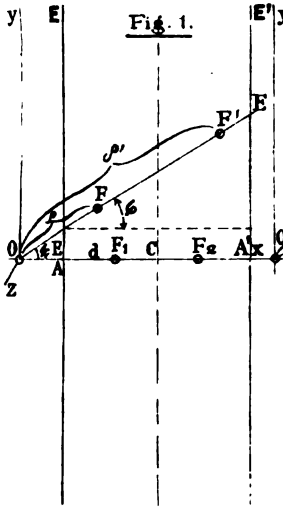


Fig. 1.

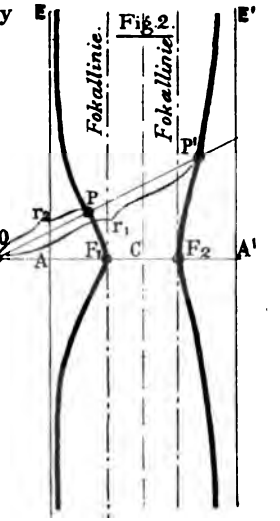


Fig. 2.

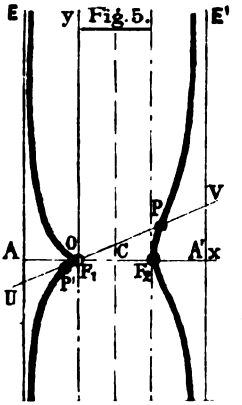


Fig. 5.

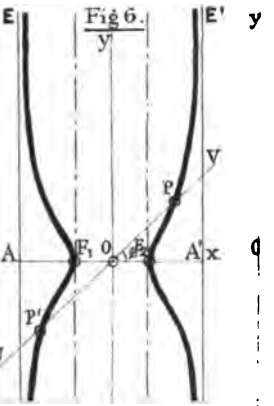


Fig. 6.

Es ist nun aber, da a und b die Halbaxen des Cylinders sind:

die halbe grosse Axe der Schnittellipse: $a' = \frac{a}{\cos\varphi}$;

» » kleine » » » : $b' = b$;

somit: $e^2 = \frac{a^2}{\cos^2\varphi} - b^2$,

oder: $e = \sqrt{\frac{a^2}{\cos^2\varphi} - b^2}$.

Diesen Wert für e in den obigen Gleichungen für ϱ und ϱ' eingesetzt, ergibt:

$$\varrho = \frac{d}{\cos\varphi} - \sqrt{\frac{a^2}{\cos^2\varphi} - b^2}; \quad (a)$$

$$\varrho' = \frac{d}{\cos\varphi} + \sqrt{\frac{a^2}{\cos^2\varphi} - b^2}. \quad (b)$$

Wir bezeichnen nun die rechtwinkligen Koordinaten des veränderlichen Brennpunktes F mit x und y; dann ergeben sich zwischen ihnen und den Polarkoordinaten ϱ und φ die Beziehungen:

$$x = \varrho . \cos\varphi; \quad y = \varrho . \sin\varphi. \quad (c)$$

Aus diesen beiden letzten Gleichungen und Gleichung (a) lassen sich ϱ und φ eliminieren, und wir erhalten dann eine Gleichung in den rechtwinkligen Koordinaten x und y, die uns den Ort des Brennpunktes F darstellt.

Aus den Gleichungen (c) ergibt sich:

$$\varrho = \frac{x}{\cos\varphi} = \frac{y}{\sin\varphi} = \frac{y}{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}$$

oder: $(x^2 + y^2) . \cos^2\varphi = x^2$;

somit: $\cos\varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$.

Setzen wir diesen Wert für $\cos\varphi$ in Gleichung (a) ein, nachdem wir noch zuvor ϱ durch $\frac{x}{\cos\varphi}$ ersetzt haben, so lautet dieselbe dann:

$$\frac{\frac{x}{x}}{\sqrt{x^2+y^2}} = \frac{\frac{d}{x}}{\sqrt{x^2+y^2}} - \sqrt{\frac{\frac{a^2}{x^2}}{x^2+y^2} - b^2}$$

und vereinfacht:

$(x - d)^2 . (x^2 + y^2) - (a^2 - b^2) . x^2 - a^2 y^2 = 0 \ldots . (1)$.

Benützen wir statt des Brennpunktes F den Brennpunkt F', welcher in der Ebene E von O den Abstand ϱ' hat, so erhalten wir

unter Anwendung des obigen Ganges genau dieselbe Gleichung; sie stellt uns also den Ort der Brennpunkte aller Schnittellipsen dar. *Gleichung (1)* ist daher die Gleichung der Cylinderfokalen, und diese ist mithin eine Kurve 4. Ordnung. (Fig. 2)

Lässt man d, den Abstand der Büschelkante von der Cylinderaxe, positiv von 0 bis ∞ variieren, so erhält man ein System von unendlich vielen Fokalen. Das ganz gleiche System, nur in symmetrischer Lage zur Cylinderaxe, ergibt sich für sämtliche Werte von d von 0 bis $-\infty$. Wir betrachten deshalb in der Folge nur positive Werte von d.

Lösen wir die Kurvengleichung (1) nach y auf, so wird:

$$y = \pm\sqrt{\frac{(a^2-b^2)\,x^2-(x-d)^2.x^2}{(x-d)^2-a^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(1a)}.$$

Zu jedem Werte von x gehören also 2 gleiche, dem Vorzeichen nach aber entgegengesetzte Werte von y; die Kurve liegt also symmetrisch zur x-Axe.

Um die Natur der unendlich fernen Kurvenpunkte zu untersuchen, machen wir die Gleichung (1) mit $x = \frac{x}{z}$ und $y = \frac{y}{z}$ homogen und setzen dann $z = 0$; dadurch erhalten wir die Gleichung:

$$x^2.(x^2+y^2) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \text{(2)},$$

welche uns die Richtungen, die vom Nullpunkt aus nach den Schnittpunkten der Kurve mit der unendlich fernen Geraden ($z = 0$) gehen, gibt. — Der 2. Faktor dieser Gleichung: $x^2+y^2 = 0$ zeigt an, dass die Cylinderfokale durch die imaginären Kreispunkte im Unendlichen geht. Der 1. Faktor: $x^2 = 0$ sagt uns, dass die Kurve die unendlich ferne Gerade in der Richtung der y-Axe in 2 zusammenfallenden Punkten schneidet. Um die Art dieses Punktes zu ermitteln, substituieren wir in der allgemeinen Gleichung der Kurve für die Variablen x und y die Werte:

$$y = \frac{1}{y'}, \quad x = \frac{x'}{y'};$$

dann werden für $y' = 0$ x und y unendlich gross; es wird der unendlich ferne Punkt der y-Axe in den Nullpunkt projiciert und umgekehrt.

Dies ausgeführt, gibt:

$$\left(\frac{x'}{y'}-d\right)^2.\left(\frac{x'^2}{y'^2}+\frac{1}{y'^2}\right)-(a^2-b^2).\frac{x'^2}{y'^2}-a^2.\frac{1}{y'^2}=0$$

oder $(x'-dy')^2.(x'^2+1)-(a^2-b^2)\,x'^2y'^2-a^2y'^2 = 0 \ldots\ldots$ (3).

In dieser transformierten Gleichung haben wir nun den Nullpunkt ($x' = 0$, $y' = 0$) zu untersuchen, welcher dem unendlich fernen Punkte der ursprünglichen Fokalen entspricht.

Für $y' = 0$ wird: $x'^2 . (x'^2 + 1) = 0$,

also: 1. $x'^2 = 0$,

2. $x'^2 = -1$ oder $x' = \pm i$.

Für $x' = 0$ wird: $d^2 y'^2 - a^2 y'^2 = 0$;

also: 3. $y'^2 = 0$.

Aus der 1. und 3. dieser Gleichungen geht hervor, dass der Nullpunkt ($x' = 0$, $y' = 0$), also auch der unendlich ferne Punkt Doppelpunkt für sämtliche Fokalen ist.

Um die Gleichungen der Tangenten in ihm zu erhalten, setzen wir in der transformierten Gleichung (3) die Glieder 2. Grades gleich 0; also:

$$(x' - dy')^2 - a^2 y'^2 = 0;$$

und es stellen uns dann also die Gleichungen:

$$\frac{y'}{x'} = \frac{d \pm \sqrt{d^2 - d^2 + a^2}}{d^2 - a^2} = \frac{d \pm a}{d^2 - a^2} \quad \ldots . \quad (4)$$

das Tangentenpaar im Nullpunkt der transformierten Kurve dar.

Um die beiden Tangenten im unendlich fernen Punkt selbst zu erhalten, transformieren wir rückwärts ins alte System. Wir haben dann in obigen Gleichungen

$$\text{für } y' = \frac{1}{y} \quad \text{und für } x' = xy' = \frac{x'}{y}$$

zu setzen, wodurch dieselben die Form annehmen:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{1. Tangente: } \dfrac{\frac{1}{y}}{\frac{x}{y}} = \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{d - a}, & \text{also: } x = d - a \\ \text{2. Tangente: } \dfrac{1}{x} = \dfrac{1}{d + a}, & \text{somit: } x = d + a \end{array}\right\} (5).$$

Es sind dies die beiden in der Kurvenebene liegenden Erzeugenden E und E' der Cylinderfläche, welche Tangenten sind im unendlich fernen Doppelpunkt.

Hieraus folgt:

Die beiden in der Kurvenebene liegenden parallelen Erzeugenden des Cylinders sind Asymptoten an sämtliche Fokalen, die man bei

variablem d erhält. Sie berühren die Kurve im unendlich fernen Doppelpunkt. In der That wird in Gleichung (1a) für $x = d \pm a$, die Ordinate y unendlich gross.

Aus der Form der Kurvengleichung (1) ist ersichtlich, dass der Nullpunkt O, d. h. der Schnittpunkt der x-Axe mit der Büschelaxe ein Doppelpunkt der Kurve ist. Die Tangenten in demselben erhalten wir, wenn wir die quadratischen Glieder der Kurvengleichung (1) gleich 0 setzen; also aus:

$$(d^2 - a^2)(x^2 + y^2) + b^2x^2 = 0 \text{ und hieraus:}$$

$$\frac{y}{x} = \pm\sqrt{\frac{d^2 - a^2 + b^2}{a^2 - d^2}} \quad \ldots\ldots\ldots (6).$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass die Tangenten im Ursprung O nur reell ausfallen für $d < a$ und $> \sqrt{a^2 - b^2}$, d. h., wenn die Büschelaxe den Cylinder zwischen dem Berührungspunkt A und dem Brennpunkt F_1 der Grundellipse schneidet; O ist in diesem Falle Knotenpunkt der Kurve.

Für specielle Lagen der Büschelkante und damit des auf ihr liegenden Doppelpunktes O ergeben sich folgende Fälle:

1. Liegt die Büschelkante im Unendlichen, also $d = \infty$, so werden sämtliche Ebenen des Büschels unter sich parallel und schneiden die Cylinderfläche normal zu deren Axe; die Schnittkurven sind in diesem Fall kongruente Ellipsen und der Ort ihrer Brennpunkte besteht aus zwei zur Cylinderaxe und den Asymptoten parallelen Geraden im Abstand $\pm\sqrt{a^2 - b^2}$ von derselben; sie gehen durch die Brennpunkte F_1 und F_2 der Grundellipse.

2. Die Büschelkante berührt die Cylinderfläche im Punkte A, mit welchem nun der Nullpunkt O zusammenfällt; es wird $d = a$, und die allgemeine Gleichung (1) nimmt die Form an:

$$(x - a)^2 . (x^2 + y^2) - (a^2 - b^2) . x^2 - a^2y^2 = 0$$

oder $$x^4 - 2ax^3 + x^2y^2 - 2axy^2 + b^2x^2 = 0.$$

Dieses Polynom zerfällt in 2 Faktoren, nämlich:

$$\{x\} \cdot \{x^3 - 2ax^2 + xy^2 - 2ay^2 + b^2x\} = 0.$$

Es ist daher: $$x = 0,$$

und $$x(x^2 - 2ax + b^2) + y^2 . (x - 2a) = 0 \ldots\ldots (7).$$

Die 1. Gleichung ($x = 0$) stellt die y-Axe dar, die Cylindererzeugende E; der 2. Faktor aber repräsentiert eine Kurve 3. Ordnung. Es zerfällt also in diesem Specialfall die Cylinderfokale in eine Gerade und eine Kurve

3. Ordnung. Diese letztere besteht aus zwei getrennten Teilen, einem Oval, das in O die Erzeugende E berührt und durch F_1 geht, in der Weise, dass die x-Axe dasselbe halbirt, und einem nach beiden Seiten ins Unendliche gehenden Kurvenast durch F_2 mit der Erzeugenden E' als Asymptote. (Fig. 3.) — Die Tangenten im Punkte O fallen nach Gleichung (6) für $d = a$ zusammen in die Gerade: $\frac{y}{x} = \infty$, d. h. in die von der Fokalen 4. Ordnung sich absondernde Cylindererzeugende E, welche das Oval der Kurve 3. Ordnung berührt. Der Punkt O ist ein einfacher Punkt der Kurve 3. Ordnung. (Fig. 3.)

3. Denken wir uns die Büschelkante parallel nach dem Brennpunkt F_1 verschoben, wodurch $d = \sqrt{a^2 - b^2} = e$ wird, so fallen die beiden Tangenten im Doppelpunkt O von den Gleichungen (6) zusammen mit der Geraden: $y = 0$, d. h. mit der x-Axe. Die Gleichung der Kurve nimmt in diesem Fall die Form an:

$$(x - e)^2 . (x^2 + y^2) - e^2 x^2 - a^2 y^2 = 0$$

oder

$$x^3 . (x - 2e) + y^2 ((x - e)^2 - a^2) = 0 \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

Für $y = 0$, wird: $x^3 = 0$,

» $x = 0$, » $y^2 = 0$, d. h.

der Nullpunkt O im Abstand $d = e$ von der Cylinderaxe ist ein Rückkehrpunkt mit der x-Axe als Rückkehrtangente (nach Gl. 6). (Fig. 5).

4. Schneidet die Büschelkante die Cylinderaxe, so liegt O auf dieser letzteren; es ist daher $d = 0$, und die Gleichung der Fokalen wird:

$$x^2 . (x^2 + y^2) - (a^2 - b^2) . x^2 - a^2 y^2 = 0 \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

sie enthält nur gerade Potenzen von x und y; die Kurve ist deshalb symmetrisch in Bezug auf beide Koordinatenaxen. Die Tangenten (6) im Doppelpunkt O werden:

$$\frac{y}{x} = \pm \sqrt{\frac{-(a^2 - b^2)}{a^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

sie sind imaginär; der Punkt ist also ein isolirter Doppelpunkt.

Das obige Polynom ist sowohl nach x als auch nach y auflösbar, und zwar entsprechen jedem Werte der einen Variablen zwei gleiche, dem Vorzeichen nach aber entgegengesetzte Werte der andern.

Nach y aufgelöst lautet die Gleichung:

$$y = \pm x \sqrt{\frac{x^2 - a^2 + b^2}{a^2 - x^2}} .$$

Für x erhalten wir:

$$x = \pm\sqrt{\frac{-(y^2 - a^2 + b^2) \pm \sqrt{(y^2 - a^2 + b^2) + 4a^2y^2}}{2}}.$$

Diese Gleichung gibt zu jedem y 4 Werte von x, von denen aber stets zwei imginär sind. Die Kurve besteht aus 2 congruenten unendlichen Ästen, bezüglich durch die Brennpunkte F_1 und F_2, die symmetrisch liegen zur Cylinderaxe und welche die Erzeugenden E und E' ebenfalls zu Asymptoten haben.

Fassen wir die oben gefundenen Resultate zusammen, so haben wir folgendes:

Jedem Werte von d entspricht eine eigene Kurvenform, welche im allgemeinen aus zwei sich nach beiden Seiten ins Unendliche erstreckenden Ästen besteht. Für $d = \infty$ werden diese Äste zu parallelen Geraden zur Cylinderaxe; mit kleiner werdendem d schnürt sich derjenige Ast, der gebildet ist von den Brennpunkten F_1, von oben und unten gegen die x-Axe zusammen, während der andere Zweig sich in seiner Form nicht wesentlich ändert. Ist die Büschelkante zur Cylindertangente geworden, oder fällt O mit A zusammen, so löst sich von dem Kurvenast durch F_1 die Erzeugende E ab; der übrig bleibende Teil bildet ein Oval, welches zwischen O und F_1 symmetrisch zur x-Axe liegt; die Ordnung der Kurve ist in diesem Specialfalle um 1 gesunken (Fig. 3). Mit noch kleiner werdendem d erhalten wir wiederum eine Kurve 4. Ordnung, deren Ast durch F_1 eine Schleife (Fig. 4) bildet; für $d = \sqrt{a^2 - b^2}$ degeneriert diese Schleife in eine Spitze; (Fig. 5) nimmt d Werte an $< \sqrt{a^2 - b^2}$, so entstehen wiederum 2 einfache, unendliche Kurvenäste, (Fig. 6) und wenn $d = 0$ ist, so besteht die Fokale aus zwei zu den Koordinatenaxen symmetrischen, nach beiden Seiten ins Unendliche gehenden Ästen. Für negative Werte von d gehen diese beschriebenen Kurvenformen mit grösser werdendem d in umgekehrter Reihenfolge ineinander über; sie haben also symmetrische Lage zu denjenigen für positive d.

Die Fokale des elliptischen Cylinders besitzt 2 Doppelpunkte, den Schnittpunkt der x-Axe mit der Büschelkante und den unendlich fernen Kurvenpunkt. Der erstere ist nur dann ein Knotenpunkt, wenn $d < a$ und $> \sqrt{a^2 - b^2}$ ist; in allen andern Fällen ist er isolierter Doppelpunkt; denn die Tangenten in ihm sind imaginär, während sie im ersten Falle reell ausfallen. Ist $d = e$, so liegt das Tangentenpaar in O vereinigt in der x-Axe;

wächst d, so wächst auch die trigonometrische Tangente des Richtungswinkels der beiden Tangenten, den wir mit α bezeichnen wollen; es wird also auch α selbst grösser und für:

$$\pm\sqrt{\frac{d^2 - a^2 + b^2}{a^2 - d^2}} = 1,$$

also

$$d = \sqrt{\frac{a^2 + e^2}{2}}$$

wird $\alpha = \pm 45^0$, die Tangenten stehen aufeinander senkrecht. Bei noch grösser werdendem d wächst auch α stetsfort und erreicht für $d = \pm a$ mit 90^0 sein Maximum; das Tangentenpaar fällt zusammen mit der Erzeugenden E, bezüglich E'. (y-Axe).

Die Tangenten im unendlich fernen Doppelpunkte sind für alle Fokalen die in der Kurvenebene liegenden Erzeugenden des Cylinders.

Tangenten der Kurve parallel zur y-Axe.

Zum Aufsuchen derselben transformieren wir zuerst die allgemeine Kurvengleichung (1) nach C, dem Schnittpunkt der x-Axe mit der Cylinderaxe, als Ursprung.

Wir setzen zu dem Zweck: $x = x' + d$;

und $y = y'$.

Dann wird:

$$y' = \pm (x' + d).\sqrt{\frac{e^2 - x'^2}{x'^2 - a^2}} \quad \ldots\ldots (11).$$

Die Gerade: $x' = p$ schneidet die Kurve in zwei zusammenfallenden Punkten: 1. für $p = x' = -d$, $(y' = 0)$ Doppelpunkt O,

und 2. „ $p = x' = \pm e$,

für welche Werte von x' beide Werte von $y' = 0$ werden.

Diese beiden Parallelen zur Cylinderaxe: $x' = \pm e$ sind Tangenten an die Fokale in den Punkten F_1 und F_2; weil sie von d unabhängig sind, so sind sie Tangenten an alle Fokalen, die man für ein veränderliches d erhält. Diese beiden Parallelen sind die Fokallinien des Cylinders, und daraus folgt:

Alle Fokalen, die einem veränderlichen d entsprechen, berühren die Fokallinien des Cylinders in den Brennpunkten F_1 und F_2 der Grundellipse. Diese Fokallinien sind identisch mit der Cylinderfokalen: $d = \infty$.

Wird in Gleichung (11) $x = \pm a$, so wird $y = \pm \infty$.

Dies sind die Koordinaten des unendlich fernen Punktes, der, wie aus der Gleichung hervorgeht, für alle Werte für d, also für sämtliche Fokalen, ein Doppelpunkt ist. —

Gleichungen der Kurve in elliptischen Funktionen.

Die Gleichung der Cylinderfokalen, wie sie uns in der allgemeinen Form entgegentritt, ist eine solche 4. Grades. Dieselbe weist zwei Doppelpunkte auf, den Koordinatenursprung O und den unendlich fernen Punkt der Kurve; die zugehörige Kurve ist deshalb eine solche vom Geschlecht 1, und es lassen sich demnach die Koordinaten x und y rational durch elliptische Funktionen eines Parameters ausdrücken.

Wir substituieren zu dem Zweck in Gleichung (1), welche lautet:

$$(x - d)^2 . (x^2 + y^2) - (a^2 - b^2)\, x^2 - a^2 y^2 = 0$$

für y den Wert λx und erhalten:

$$(x - d)^2 . (x^2 + \lambda^2 x^2) - (a^2 - b^2)\, x^2 - a^2 \lambda^2 x^2 = 0 \quad (12).$$

Dieses Polynom zerfällt in die beiden Faktoren:

a) $x^2 = 0$;

b) $x^2 - 2dx + d^2 - \lambda^2 x^2 - 2d\lambda^2 x + d^2\lambda^2 - (a^2 - b^2) - a^2\lambda^2 = 0$.

Die Gleichung (a) repräsentiert den Koordinatenursprung ($x^2 = 0$, $y^2 = 0$); seine Koordinaten spalten sich von der allgemeinen Kurvengleichung ab, weil derselbe, wie schon früher gesehen, ein Doppelpunkt der Kurve ist.

Gleichung (b), nach x aufgelöst, gibt:

$$x = \frac{d(1+\lambda^2) \pm \sqrt{d^2 + 2d^2\lambda^2 + d^2\lambda^4 - (1+\lambda^2)(d^2 + d^2\lambda^2 - a^2 + b^2 - a^2\lambda^2)}}{1 + \lambda^2}$$

Dabei zerfällt der Ausdruck unter der Wurzel in die beiden Faktoren:

$$\left\{ a^2 - b^2 + a^2\lambda^2 \right\} \cdot \left\{ 1 + \lambda^2 \right\} = \left\{ e^2 + a^2\lambda^2 \right\} \cdot \left\{ 1 + \lambda^2 \right\} \cdot$$

$$= a^2 \left\{ \lambda^2 + \frac{e^2}{a^2} \right\} \cdot \left\{ \lambda^2 + 1 \right\},$$

wo wieder $e^2 = a^2 - b^2$ bedeutet.

Es ist dann also:

$$x = \frac{d(1 + \lambda^2) \pm \sqrt{a^2 \left(\lambda^2 + \frac{e^2}{a^2} \right)(\lambda^2 + 1)}}{1 + \lambda^2} \quad . . \quad (13).$$

Hierin setzen wir: $\lambda = \frac{\sqrt{1 - z^2}}{z}$, dann geht x über in:

$$x = \frac{d \cdot \frac{1}{z^2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{z^4}(1 - k^2 z^2)}}{\frac{1}{z^2}}$$

oder $$x = d \pm a\sqrt{1 - k^2 z^2}.$$

Wir können nun elliptische Funktionen einführen, indem wir nach Jakoby setzen:

$$z = \sin \operatorname{am} u = \operatorname{sn} u.$$

Dann wird: $$\sqrt{1 - k^2 z^2} = \Delta \operatorname{am} u = \operatorname{dn} u.$$

Also ist:

$$\left.\begin{aligned} x &= d \pm a \operatorname{dn} u \\ \text{und} \quad y &= \lambda x = \frac{\operatorname{cn} u}{\operatorname{sn} u}(d \pm a \operatorname{dn} u) \\ &= \operatorname{ctg} \operatorname{am} u \,(d \pm a \operatorname{dn} u) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (14).$$

Dividieren wir die untere der obigen Gleichungen durch die obere, so wird:

$$\frac{y}{x} = \operatorname{ctg} \operatorname{am} u; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (15).$$

Dies ist die Gleichung eines Leitstrahls durch O. Jedem Werte des Parameters u entspricht ein solcher Leitstrahl, auf welchem zwei Punkte P_1 und P_2 der Kurve liegen, deren Koordinaten sich dem doppelten Vorzeichen entsprechend aus den vorigen Gleichungen ergeben. Bezeichnen wir zwei solche Punkte als zugeordnete Punkte, so folgt aus ihren Koordinaten oder auch nach ihrer geometrischen Erzeugungsweise, dass die Mitten der Verbindungslinien von je zweien derselben auf der Cylinderaxe liegen.

Ist u der Parameter eines Punktes, der auf dem rechts von der Cylinderaxe liegenden Kurvenast sich befindet, so ist der Parameter seines zugeordneten Punktes, welcher auf dem andern Kurvenaste liegt: $2iK' - u$. Es ist mithin die Summe der Parameter zweier zugeordneter Punkte immer gleich $2iK'$, wobei $4iK'$ die imaginäre Periode der elliptischen Funktionen ist; denn nach den Periodicitätsgesetzen der letztern ist:

$$\operatorname{dn}(2iK' - u) = -\operatorname{dn} u;$$
$$\operatorname{cn}(2iK' - u) = -\operatorname{cn} u;$$
$$\operatorname{sn}(2iK' - u) = -\operatorname{sn} u;$$

Setzen wir also in den für x und y gefundenen Gleichungen (14) für den Parameter u den Parameter $2iK' - u$, so ändert die Deferente ihr Vorzeichen, während die Cotgamplitude gleich bleibt. Man hat daher in diesen Kurvengleichungen für die Deferente nur das einfache Zeichen zu setzen; dieselben lauten dann also:

$$\left.\begin{aligned} x &= d + a\,\mathrm{dn}\,u \\ y &= (d + a\,\mathrm{dn}\,u).\,\mathrm{ctg\,am}\,u \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (16).$$

Die rechtwinkligen Coordinaten x und y sämtlicher Kurvenpunkte sind daher eindeutig durch elliptische Functionen ausgedrückt; jedem Werte des Parameters u entspricht nur ein ganz bestimmter Punkt der Kurve.

Für $u = 0$ und $= 2iK'$ erhalten wir:

$$\begin{aligned} x &= d \pm a, \\ y &= \pm \infty, \end{aligned}$$

die Coordinaten des unendlich fernen Doppelpunktes der Kurve; in diesem Punkte fallen also zwei zugeordnete Punkte zusammen.

Wird $u = K$ und $= 2iK' - K$, so nimmt die Deferente die Werte an:

$$\mathrm{dn}\,u = \pm\sqrt{1 - k^2} = \pm k' = \pm\frac{e}{a}.$$

Es wird also: $x = d \pm e,$
$y = 0.$

Dies sind die Coordinaten der Brennpunkte F_2 und F_1 der Grundellipse: ihre Parameter sind also **K** bezügl. **$2iK' - K$**; sie sind mithin zugeordnete Punkte.

Es entspricht, wie bereits erwähnt, jedem Werte von u ein bestimmter Punkt der Kurve. Umgekehrt aber entspricht nicht jedem Punkte der Fokalen nur ein Wert von u, sondern unendlich viele; denn bekanntlich haben die elliptischen Functionen 2 Perioden, eine reelle, bezeichnet mit 4 K und eine imaginäre: $4iK'$. Wir erhalten deshalb unendlich viele Werte von u, welche einem und demselben Kurvenpunkte entsprechen; dieselben sind enthalten in der Form:

$$u \pm 4mK \pm 4niK',$$

wo m und n positive ganze Zahlen bedeuten. K und K', die Periodicitätsmoduln werden dargestellt durch die Integrale:

$$\left.\begin{aligned} K &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \operatorname{sn}^2\varphi}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-\frac{b^2}{a^2}\cdot \operatorname{sn}^2\varphi}} \\ \text{und} \quad K' &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k'^2 \sin^2\varphi}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-\frac{e^2}{a^2}\cdot \sin^2\varphi}} \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; (17)$$

wobei $k^2 + k'^2 = 1$ ist.

Aus den in Parameterform erhaltenen Kurvengleichungen lassen sich zwei Eigenschaften der Radien vectoren zweier zugeordneter Punkte ableiten für den Fall der Fokalen 3. Ordnung, $d = a$. Bezeichnen wir nämlich die Längen dieser Radien vectoren mit r_1 bezw. r_2, so ist:

$$r_1^2 = x_1^2 + y_1^2 = (a + a \operatorname{dn} u)^2 + (a + a \operatorname{dn} u)^2 \,.\, \operatorname{ctg} \operatorname{am}^2 u$$
$$= a^2 \frac{(1 + \operatorname{dn} u)^2}{\operatorname{sn}^2 u};$$
$$r_2^2 = x_2^2 + y_2^2 = (a - a \operatorname{dn} u)^2 \,.\, (1 + \operatorname{ctg} \operatorname{am}^2 u)$$
$$= a^2 \cdot \frac{(1 - \operatorname{dn} u)^2}{\operatorname{sn}^2 u};$$

somit ist:

$$r_1^2 \,.\, r_2^2 = a^4 \,.\, (1 - \operatorname{dn}^2 u)^2 \cdot \frac{1}{\operatorname{sn}^4 u} = a^4 \,.\, \left(\frac{b^2}{a^2} \cdot \operatorname{sn}^2 u\right)^2 \cdot \frac{1}{\operatorname{sn}^4 u} = b^4;$$

also: $$r_1 \,.\, r_2 = b^2 = \text{constant} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (18)$$

d. h.: das Produkt der Abstände je zweier zugeordneter Punkte vom Coordinatenursprung auf dem Oval ist eine Constante gleich dem Quadrat der kleinen Halbaxe b des Cylinders.

Da ferner:

$$x_1 \,.\, x_1 = a^2 (1 - \operatorname{dn}^2 u) = a^2 k^2 \operatorname{sn}^2 u$$

und $$y_1 \,.\, y_2 = a^2 k^2 \,.\, \operatorname{sn}^2 u \cdot \frac{\operatorname{cn}^2 u}{\operatorname{sn}^2 u} = a^2 k^2 \operatorname{cn}^2 u,$$

so ist: $$x_1 \,.\, x_2 + y_1 \,.\, y_2 = a^2 k^2 \,.\, (\operatorname{sn}^2 u + \operatorname{cn}^2 u)$$
$$= b^2 = r_1 \,.\, r_2. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (19)$$

d. h., es ist die Summe der Producte der Abscissen und Ordinaten zweier zugeordneter Punkte constant gleich dem Quadrat über der halben kleinen Axe des Cylinders und gleich dem Product ihrer Radien vectoren.

Krümmung der Kurve.

Wir erhalten die Grösse des Krümmungsradius ϱ eines beliebigen Kurvenpunktes mit den Coordinaten x und y aus der in der Parameterform gegebenen Kurvengleichung durch Anwendung der Formel:

$$\varrho = \frac{\pm\left\{\left(\frac{dx}{du}\right)^2 + \left(\frac{dy}{du}\right)^2\right\}^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}\cdot\frac{dx}{du} - \frac{d^2x}{du^2}\cdot\frac{dy}{du}} \quad \ldots\ldots\ldots (20)$$

wo: $x = d + a\,.\,dn\,u$ und $y = (d + a\,.\,dn\,u)\,.\,ctg\,.\,am\,u$.

Durch Ausführung der obigen Differentiationen ergibt sich:

$$\varrho = \frac{\{a^2k^4sn^6u\,cn^2u + d^2dn^2u + 2ad.dn^3u + 2adk^2.sn^2u.cn^2u.dnu + a^2dn^4u + 2ak^2sn^2u.cn^2u.dn^2u + a^2.k^4sn^4u.cn^4u\}^{3/2}}{sn^4u\{d(3sn^2u.dn^2u - 2dn^2u - cn^2u) + adnu(sn^2u.dn^2u - 3cn^2u)\}}$$

Indem wir den Zähler etwas vereinfachen und im Nenner alles durch dn u ausdrücken, erhalten wir für ϱ den Wert:

$$\varrho = \frac{\{a(1-k^2sn^4u).(a + 2d.dnu) - a^2k^2sn^4u.dn^2u + d^2.dn^2u\}^{3/2}}{sn^4u\{a.dn^5u + 3ddn^4u + 2adn^3u - 2dk'^2.dn^2u - 3ak'^2.dnu - dk'^2\}} \quad (21)$$

k' bedeutet hierin den complementären Modul: $\sqrt{1-k^2}$.

Die Argumente der beiden Brennpunkte der Grundellipse fanden wir: $u = K$ und $= 2iK' - K$; diese Werte in Gleichung (21) eingesetzt, gibt für die Krümmungsradien in denselben:

Krümmungsradius von F_1:

$$\varrho_1 = \frac{\left\{a^2(1-k^2) - a^2k^2k'^2 + d^2k'^2 - 2adk'(1 \quad k^2)\right\}^{3/2}}{-ak'^5 + 3dk'^4 - 2ak'^3 - 2dk'^4 + 3ak'^3 - dk'^2}$$

$$= \frac{k'(a^2.k'^2 + d^2 - 2adk')^{3/2}}{-ak'^3 + dk'^2 + ak' - d} = \underline{\frac{k'}{k^2}(ak' - d)^2};$$

Krümmungsradius von F_2:

$$\varrho_2 = \frac{\left\{a^2(1-k^2) - a^2k^2k'^2 + d^2k'^2 + 2adk'(1-k^2)\right\}^{3/2}}{ak'^5 + 3dk'^4 + 2ak'^3 - 2dk'^4 - 3ak'^3 - dk'^2}$$

$$= \frac{k'^3.(a^2k'^2 + d^2 + 2adk')^{3/2}}{k'^2(-ak'k^2 - dk^2).} = \underline{\frac{k'}{k^2}(ak' + d)^2};$$

(22)

Bei den verschiedenen Specialfällen ergeben sich für die Krümmungsradien ϱ_1 und ϱ_2 der Brennpunkte der Grundellipse folgende Werte:

1. $d = a$. In dem Falle geht die Gleichung (21) des Krümmungsradius über in:

$$\varrho = \frac{a^2.(1 - k^2 sn^4 u)^{3/2}.(1 + dn\,u)^2}{sn^4 u\,(dn^4 u + 2dn^3 u - 2k'^2 dn\,u - k'^2)} \quad \ldots \quad (23)$$

und hieraus erhalten wir:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Für den Krümmungsradius in } F_1: & \varrho_1 = \dfrac{a^2.(1-k^2)^{3/2}.(1-k')^2}{k'^4 - 2k'^3 + 2k'^3 - k'^2} \\ & = \dfrac{a^2.k^1(1-k')}{1+k'}; \\ \text{Für den Krümmungsradius in } F_2: & \varrho_2 = \dfrac{a^2.(1-k^2)^{3/2}.(1+k')^2}{k'^4 + 2k'^3 - 2k'^3 - k'^2} \\ & = \dfrac{a^2 k'.(1+k')}{1-k'}; \end{array}\right\} \quad (24)$$

Nach Multiplication der beiden Gleichungen (24) ergibt sich:

$$\varrho_1 . \varrho_2 = a^4 k'^2 = a^2 e^2;$$

d. h.: Für den Fall, dass $d = a$ ist, ist das Product der Krümmungsradien der beiden Brennpunkte der Grundellipse gleich dem Product der Quadrate aus halber grosser Axe und Excentricität.

2. $d = \sqrt{a^2 - b^2} = e$.

$$\left.\begin{array}{l} \text{Krümmungsradius in } F_1: \\ \varrho_1 = \dfrac{k'}{k^2}\left(a.\dfrac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} - \sqrt{a^2-b^2}\right) = 0; \\ \text{Krümmungsradius in } F_2: \\ \varrho_2 = -\dfrac{a\sqrt{a^2-b^2}}{b^2}\cdot\left(a\dfrac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} + \sqrt{a^2-b^2}\right)^2 = -4a^2.\dfrac{k'^3}{k^2} \end{array}\right\} \quad (25)$$

Da F_1, derjenige Brennpunkt, in welchem der Coordinatenursprung liegt, in diesem Specialfall zum Rückkehrpunkt wird, wie wir früher gefunden haben, so ist die Richtigkeit des obigen Resultates $\varrho_1 = 0$ damit bestätigt. —

3. $d = 0$.

$$\left.\begin{array}{l} \text{Krümmungsradius in } F_1: \ \varrho_1 = -\dfrac{k'}{k^2}.a^2.k'^2 = a^2.\dfrac{k'^3}{k^2} \\ \text{Krümmungsradius in } F_2: \ \varrho_2 = -\dfrac{a^2.k'^3}{k^2} \end{array}\right\} \quad (26)$$

Die Krümmungsradien von F_1 und F_2 sind in diesem Falle einander gleich, weil eben die Fokale symmetrisch liegt zu den Axen. —

Bestimmung der Wendepunkte.

Da unsere Kurve eine solche 4. Ordnung mit 2 Doppelpunkten ist, so besitzt sie nach Massgabe der diesbezüglichen Plücker'schen Formel 12 Wendepunkte. Zur Auffindung derselben benützen wir die Gleichung (20), welche die Länge des Krümmungsradius eines beliebigen Kurvenpunktes durch elliptische Functionen des Argumentes u ausdrückt. In einem Wendepunkt wird aber der Krümmungsradius ϱ unendlich gross; damit das in der obigen Gleichung eintritt, muss der Nenner der rechten Seite gleich 0 werden; also:

$$sn^4u\left\{a.dn^5u+3d.dn^4u+2a.dn^3u-2dk'^2.dn^2u-3ak'^2.dn\,u-dk'^2\right\}=0 \quad (27)$$

Diese Gleichung zerfällt in die folgenden:

$$\left.\begin{aligned} &sn^4u=0 \\ \text{und}\quad &a.dn^5u+3d.dn^4u+2a.dn^3u-2dk'^2.dn^2u-3ak'^2dn\,u-dk'^2=0 \end{aligned}\right\} \quad (28)$$

Die erste dieser Gleichungen (28) ist erfüllt für $u=0$

und » $u=\pm 2iK'$.

Dem Argument $u=0$ entspricht der Punkt mit den Coordinaten:

$$\left.\begin{aligned} x&=d+a; \\ \text{und}\quad y&=\infty. \end{aligned}\right.$$

Dies ist der unendlich ferne Punkt der Asymptote A_2.

Dem Argument $u=\pm 2iK'$ entspricht der Punkt mit den Coordinaten:

$$\left.\begin{aligned} x&=d-a; \\ \text{und}\quad y&=\infty. \end{aligned}\right.$$

Dies sind die Coordinaten des unendlich fernen Punktes der Asymptote A_1.

Es liegen also zwei Wendepunkte im unendlich fernen Doppelpunkt der Kurve; derselbe ist mithin ein doppelter Inflexionsknoten für alle Fokalen.

Die übrigen 10 Wendepunkte liefert uns die zweite der Gleichungen (28). Dieselbe ist vom 5. Grade in dn u; sie liefert uns also 5 verschiedene Werte für dn u. Die Deferente ist aber eine gerade Funktion; jedem Werte derselben entsprechen deshalb zwei Argumente u, die dem absoluten Werte nach gleich, dem Vorzeichen nach aber verschieden sind. Wir erhalten also 10 verschiedene Werte u, von denen sich die einen 5 nur durch das Vorzeichen von den andern 5 unterscheiden. Jedem dieser Werte von u entsprechen nun die Coordinaten eines Wendepunktes, welche mit Hülfe der Gleichungen

(16) bestimmt werden können; alle 10 Wendepunkte liegen paarweise symmetrisch zur x-Axe. —

Wendepunkte der Specialkurve: $d = a$.

Für den Fall, dass $d = a$ wird, nimmt die Wendepunktsgleichung (27) die Form an:

$$sn^4u\left\{dn^5u + 3dn^4u + 2dn^3u - 2k'^2dn^2u - 3k'^2.dn\,u - k'^2\right\} = 0 \quad (29)$$

Der 1. Faktor liefert 2 Wendepunkte; der eine derselben ist der unendlich ferne Punkt der Kurve 3. Ordnung, der andere fällt auf die sich von der allgemeinen Kurve absondernde Erzeugende E.

Vom 2. Faktor der Wendepunktgleichung (29) spaltet sich die Grösse: $dn\,u + 1$ ab; derselbe ist nämlich

$$= (dn\,u + 1).(dn^4\,u + 2\,dn^3\,u - 2\,k'^2\,dn\,u - k'^2) = 0$$

und hieraus:

a. $dn\,u + 1 = 0$

b. $dn^4\,u + 2\,dn^3\,u - 2\,k'^2\,dn\,u - k'^2 = 0$

Aus (a) erhalten wir also: $dn\,u = -1$, somit $u = \pm 2\,i\,K'$ und es werden die Coordinaten von 2 Wendepunkten: $x = 0$, $y = 0$, d. h., zwei Wendepunkte fallen in den Berührungspunkt der sich absondernden Asymptote A_1 mit dem Oval der Kurve 3. Grades.

Die Gleichung (b) liefert uns die übrigen 8 Wendepunkte; sie ist eine solche 4. Grades in $dn\,u$. Jedem Werte von $dn\,u$ entsprechen zwei gleiche aber entgegengesetzte Argumente u, welche je zwei zur x-Axe symmetrische Wendepunkte liefern

Wendepunkte der Specialkurve: $d = \sqrt{a^2 - b^2} = e$:

Für diese Kurve lautet die Wendepunktsgleichung:

$$sn^4u\,.\,\{dn^5u + 3\,k'\,dn^4u + 2\,dn^3u - 2\,k'^3\,dn^2u - 3\,k'^2\,dn\,u - k'^3\} = 0 \quad (30)$$

$sn^4\,u = 0$, liefert uns wiederum die zwei in den unendlich fernen Punkt fallenden Wendepunkte.

Der 2. Teil der Gleichung (30) lässt sich in 2 Faktoren zerlegen und lautet also:

$$(dn\,u + k').\{dn^4\,u + 2\,k^1.\,dn^2\,u(dn\,u - k') + 2\,dn\,u\,(dn\,u - k') - k'^2\} = 0 \quad (31)$$

Hieraus ergibt sich:

a. $dn\,u + k' = 0$, also: $dn\,u = -k'$

somit: $u = \pm (2\,i\,K' - K)$.

Ferner ist: $sn\,(2\,i\,K' - K) = \pm 1$;

und $cn\,(2\,i\,K' - K) = 0$.

Die Coordinaten der diesem Argument entsprechenden Wendepunkte sind dann:

$$x = d - a\,k' = e - a \cdot \frac{e}{a} = 0;$$

$$y = (d - a\,k') \cdot \frac{0}{\pm 1} = 0.$$

Es fallen also zwei Wendepunkte, den Argumenten $\pm\,(-K + 2\,i\,K')$ entsprechend in den Coordinatenursprung, welcher Punkt, wie früher gesehen, in diesem Fall eine Spitze ist.

Die noch fehlenden 8 Wendepunkte liefert uns der 2. Faktor der Gleichung (31):

$$dn^4\,u + 2\,k' \,.\, dn^2\,u\,(dn\,u - k') + 2\,dn\,u\,(dn\,u - k') - k'^2 = 0. \quad (32)$$

Als eine Gleichung 4. Grades in dn u liefert sie uns 4 Werte für dn u, und diesen entsprechen 8 Argumente, die 8 paarweise symmetrisch zur x-Axe gelegene Wendepunkte ergeben. —

Wendepunkte der Specialkurve: $d = 0$.

Wir erhalten dieselben wiederum aus der allgemeinen Wendepunktsgleichung (27), indem wir dort $d = 0$ setzen; dann wird:

$$sn^4\,u\,\{a \,.\, dn^5\,u + 2\,a \,.\, dn^3\,u - 3\,a\,k'^2\,dn\,u\} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

Der 1. Faktor enthält wie bei den vorigen Fällen die beiden ins Unendliche fallenden Wendepunkte. Vom 2. Faktor dieser Gleichung (33) spaltet sich die Grösse: dn u ab. Es ist aber $dn\,u = 0$ für $u = \pm\,(K + i\,K')$.

Die beiden Wendepunkte, welche diesem Argument entsprechen, sind imaginär, da $cn\,(K \pm i\,K') = \mp\,\frac{i\,k'}{k}$ = imaginär.

Der übrig bleibende Teil der Gleichung (33):

$$a \,.\, dn^4\,u + 2\,a\,dn^2\,u - 3\,a\,k'^2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

liefert uns die weitern 8 Wendepunkte. Da diese Gleichung nur gerade Potenzen von dn u enthält, so kann sie ohne weiteres aufgelöst werden.

Es folgt nämlich:

$$dn\,u = \pm\sqrt{-1 \pm \sqrt{1 + 3\,k'^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

Dem positiven Zeichen der 2. Wurzel entsprechen 2 reelle Werte für dn u
» negativen » » » » » 2 imginäre » » dn u

Diese Gleichung liefert uns also 4 reelle und 4 imaginäre Wendepunkte, die paarweise symmetrisch zu den beiden Coordinatenaxen liegen.

Zur Bestimmung ihrer rechtwinkligen Coordinaten benützen wir die Gleichungen dieser Fokalen, welche sich aus (16) für $d = 0$ ergeben als:

$$\left.\begin{aligned} x &= a \,.\, \mathrm{dn}\, u \\ y &= a \,.\, \mathrm{dn}\, u \,.\, \mathrm{ctg\,am}\, u \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

Da $\mathrm{dn}^2 u = 1 - k^2\, \mathrm{sn}^2 u$, so ist:

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{sn}\, u &= \pm \frac{1}{k} \sqrt{2 \mp \sqrt{4 - 3k^2}} \\ \text{und} \qquad \mathrm{cn}\, u &= \sqrt{1 - \frac{1}{k^2} \cdot (2 \mp \sqrt{4 - 3k^2})} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (37)$$

Setzen wir die Werte von sn u, cn u und dn u in den Gleichungen (36) ein, so erhalten wir als Coordinaten der reellen 4 Wendepunkte:

$$\left.\begin{aligned} x &= \pm\, a \sqrt{-1 + \sqrt{4 - 3k^2}}; \\ y &= \pm\, a \,.\, \sqrt{\frac{5 - 2\sqrt{4 - 3k^2} - 3k^2}{3}} \end{aligned}\right\}$$

Es liegen somit die 4 reellen Wendepunkte zu je zweien centralsymmetrisch auf einer durch O gehenden Geraden.

Die Gleichung dieser Wendepunktsgeraden lautet:

$$\frac{y}{x} = \mathrm{ctg\,am}\, u$$

wo für cn u und sn u die Werte aus Gleichungen (37) einzusetzen sind. Dies ausgeführt, gibt:

$$\frac{y}{x} = \pm \sqrt{\frac{\sqrt{4 - 3k^2} - 1}{3}}$$

Setzen wir endlich für k noch seinen Wert $\frac{b}{a}$ ein, so erhalten wir die Gleichung der Wendepunktsgeraden in der Form:

$$\frac{y}{x} = \pm \sqrt{\frac{\sqrt{4a^2 - 3b^2} - a}{3a}} \quad \ldots\ldots \quad (38).$$

Dieselben schliessen, da die rechte Seite absolut < 1 ist, mit der x-Axe einen Winkel $< 45^0$ ein.

Die 4 reellen Wendepunkte liegen auf einem Kreis um den Coordinatenursprung vom Radius:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ &= a \sqrt{\frac{2 + \sqrt{4 - 3k^2} - k^2.}{3}} \end{aligned}$$

II. Fokalen des Kreiscylinders.

Modificieren wir die zu Anfang unserer Betrachtungen gemachte Annahme in der Weise, dass wir den elliptischen Cylinder in einen Kreiscylinder übergehen lassen, indem wir $b = a$ setzen, so nehmen die unter den sonst gleichen Bedingungen entstehenden Fokalen wesentlich andere Eigenschaften an.

Wir haben auch hier wieder die verschiedenen Fälle zu unterscheiden, wo die Büschelkante ausserhalb der Cylinderfläche liegt, dieselbe tangirt oder schneidet, und jeder dieser speciellen Annahmen entspricht eine besondere Form der Kurve.

Befindet sich die Büschelaxe ausserhalb dem Cylinder, so erhalten wir die Gleichung der so entstehenden Fokalen aus Gleichung (1) des 1. Abschnittes, indem wir dort einfach $b = a = 1$ setzen, wodurch der elliptische Cylinder in einen Kreiscylinder übergeht vom Radius 1.

Die Gleichung der allgemeinen Kreiscylinderfokalen lautet also:

$$(x - d)^2 . (x^2 + y^2) - l^2 y^2 = 0 \quad \ldots\ldots (39).$$

Diese Gleichung stellt uns ebenfalls eine Kurve 4. Ordnung dar; einem veränderlichen d entspricht auch hier eine Schar von Fokalen und negative Werte von d liefern Kurven, die identisch sind mit denjenigen, welche sich für gleich grosse positive d ergeben und symmetrisch liegen zur Cylinderaxe. (Fig. 7.)

Nach y aufgelöst, lautet die obige Gleichung (39):

$$y = \pm \frac{(x - d)\, x}{\sqrt{l^2 - (x - d)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots (39^a)$$

und hieraus geht hervor, dass die Kurve symmetrisch zur x-Axe liegt.

Der Coordinatenursprung ist, wie aus der Kurvengleichung ersichtlich, ein Doppelpunkt der Fokalen. Die Tangenten in ihm erhalten wir aus der Gleichung:

$$d^2 . (x^2 + y^2) - l^2 y^2 = 0.$$

Sie sind also enthalten in der Form:

$$\frac{y}{x} = \frac{\pm d}{\sqrt{l^2 - d^2}} \quad \ldots\ldots\ldots (40).$$

Ist $d > l$, d. h. liegt die Büschelkante ausserhalb dem Cylinder, so werden die Tangenten im Doppelpunkt O imaginär; dieser ist isolirter Doppelpunkt; für alle Werte von $d < l$ dagegen ist das Tangentenpaar in O reell.

Ein 2. Doppelpunkt der Fokalen ist, wie sowohl aus der Kurvengleichung als auch aus der geometrischen Erzeugungsweise erfolgt: $x = d$, $y = 0$; dies ist der Schnittpunkt C der Cylinderaxe mit der Axe der x. — Um die Tangenten in ihm zu erhalten, machen wir ihn zum Ursprung des Coordinatensystems, indem wir Gleichung (39) linear transformieren. Wir setzen nämlich: $x = x' + d$;

und $y = y'$;

dann erhalten wir als transformierte Gleichung der Kurve:

$$x'^2((x' + d)^2 + y'^2) - l^2 y'^2 = 0 \ldots\ldots (41).$$

Aus derselben ergibt sich als Gleichung des Tangentenpaares in C:

$$\frac{y'}{x'} = \pm \frac{d}{l} \ldots\ldots\ldots\ldots (42).$$

Die Tangenten werden also für alle Werte von d, von 0 bis ∞, reell; der Punkt C ist mithin für alle Fokalen Doppelpunkt.

Der 3. Doppelpunkt der Kreiscylinderfokalen ist der unendlich ferne Punkt. Die Natur desselben wird, indem wir $b = a$ annehmen, nicht geändert. Die Tangenten in ihm sind deshalb auch hier die in der Kurvenebene liegenden Erzeugenden E und E' des Cylinders; dieselben sind also Asymptoten für sämtliche Kreiscylinderfokalen.

Wir haben bereits eingangs erwähnt, dass verschiedenen speciellen Lagen der Büschelaxe in Bezug auf den Cylinder auch hier verschiedene Cylinderfokalen entsprechen.

1. Ist $d = \infty$, so sind sämtliche Schnittebenen des Büschels unter sich parallel und schneiden die Cylinderfläche normal zu deren Axe. Die Schnittfiguren werden in diesem Fall zu congruenten Kreisen; ihre Brennpunkte fallen zusammen im Mittelpunkt und der Ort derselben ist, wie dies geometrisch hieraus hervorgeht, die Cylinderaxe.

2. Für $d = l$ wird die Büschelaxe zur Tangente an die Cylinderfläche, und die allgemeine Kurvengleichung zerfällt in 2 Faktoren:

$$(x) \cdot (x^3 - 2lx^2 + (l^2 + y^2)x - 2ly^2) = 0$$

Der 1. Faktor: $x = 0$ ist die y-Axe, (Erzeugende E)

" 2. " $(x - l)^2 \cdot x + y^2 \cdot (x - 2l) = 0 \ldots\ldots (43)$

ist eine Gleichung 3. Grades; dieselbe repräsentiert also eine Kurve 3. Ordnung. Sie besteht aus einer Schleife, deren Zweige

sich im Punkte C durchsetzen und nach beiden Seiten asymptotisch zu E' ins Unendliche gehen. Der Coordinatenursprung O ist in diesem Specialfall ein gewöhnlicher Punkt; denn die Tangenten in ihm fallen zusammen in die Gerade: $\frac{y}{x} = \infty$, welch' letztere die Cylindererzeugende E ist. Für das Tangentenpaar im Doppelpunkt C lauten die Gleichungen (48):

$$\frac{y}{x} = \pm 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (44)$$

d. h. die Kurve durchsetzt sich im Doppelpunkt C rechtwinklig, und es liegen die beiden Tangenten in ihm symmetrisch zur x- und zur y-Axe. Der unendlich ferne Punkt ist Wendepunkt (Fig. 8) und die Cylindererzeugende E' ist Wendetangente in demselben. Dieser Specialfall der Kreiscylinderfokalen ist bekannt unter dem Namen der «Logocyclischen Kurve» der «Logocycloide» oder der Strophoide; dieselbe besitzt eine grosse Anzahl interessanter Eigenschaften, welche Gegenstand verschiedener mathematischer Arbeiten geworden sind.*) Ihre geometrische Erzeugungsweise ist eine sehr mannigfaltige; einige Constructionen finden sich erwähnt bei S. Günther in der unten genannten Abhandlung und in Ed. Bartl, «Übungsaufgaben aus der Trigonometrie und analytischen Geometrie der Ebene.»

3. Für Werte von $d < 1$ aber > 0 besteht die Kurve aus zwei Ästen, die sich in den Punkten F und C durchsetzen; diese beiden Punkte sind Knotenpunkte; denn die Tangentenpaare in ihnen sind reell. (Fig. 9).

4. Verschieben wir endlich die Büschelaxe parallel zu sich selbst nach dem Schnittpunkt C der x-Axe und der Axe der Cylinderfläche, so wird $d = 0$, und wir erhalten als Gleichung dieser Specialkurve:

$$x^2 . (x^2 + y^2) - l^2 y^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

Die durch dieses Polynom dargestellte Kurve ist wiederum eine solche 4. Ordnung. Sie besitzt die gleichen symmetrischen Eigenschaften wie die ihr entsprechende Fokale des elliptischen Cylinders, d. h. sie liegt symmetrisch zu beiden Coordinatenaxen. Bei ihr

*) Darunter sind vorzugsweise die 2 folgenden Schriften zu nennen:

J. Booth, A treatise on some new geometrical methods containing essays on tangential coordinates, pedal coordinates, reciprocal polars, the trigonometry of the parabola, the geometric origin of logarithms, the geometrical properties of elliptic integrals and other kindred subjects. London 1873.

S. Günther, Parabolische Logarithmen und parabolische Trigonometrie. Leipzig 1882.

fallen die beiden endlichen Doppelpunkte zusammen in C, nämlich:

$$\left.\begin{array}{r} \text{für } y = 0 \text{ wird } x^4 = 0 \\ \text{und für } x = 0 \quad \text{»} \quad y^2 = 0 \end{array}\right\}$$

Der Nullpunkt C ist mithin Selbstberührungspunkt oder Selbstberührungsknoten; die x-Axe ist Tangente an beide Zweige der Kurve, die sich in ihm berühren. (Fig. 10.)

Construktion der Kreiscylinderfokalen.

Die auf C als Ursprung bezogene Kurvengleichung lautet:

$$x^2 \cdot (x^2 + y^2) + 2\,dx^3 + d^2 x^2 - l^2 y^2 = 0$$

oder

$$(x^2 + y^2) + 2\,dx + d^2 = l^2 \cdot \frac{y^2}{x^2}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

Es ist nun P ein beliebiger Punkt der Kurve, ϱ sein Radius vector CP und φ der Winkel, welchen ϱ mit der x-Axe einschliesst; dann erhalten wir aus (46):

$$\varrho^2 + 2\,d\varrho \cdot \cos\varphi + d^2 \cdot (\cos^2\varphi + \sin^2\varphi) = l^2 \cdot \mathrm{tg}^2\varphi \quad . \quad (47)$$

und hieraus:

$$\varrho = -\,d \cdot \cos\varphi \pm \sqrt{l^2 - d^2\cos^2\varphi} \cdot \mathrm{tg}\varphi; \quad \ldots\ldots \quad (47^a)$$

Ist $d > l$, so erhalten wir auf den durch C gehenden Strahlen nur dann reelle Kurvenpunkte, wenn $\cos\varphi < \frac{l}{d}$.

Die obige Gleichung (47^a) führt nun dazu, Punkte der Cylinderfokalen zu construieren. Sie liefert uns nämlich folgenden Satz:

Schlägt man um C als Mittelpunkt einen Kreis vom Radius l, zieht durch O einen variablen Strahl, der diesen Kreis in 2 reellen Punkten G und G' schneidet, und fällt von diesen Punkten Senkrechte auf OC, so treffen diese das aus C auf den Strahl OG gefällte Lot CQ in 2 Punkten P und P' unserer Fokalen.

Der Beweis ist der folgende: (Fig. 11.)

Es ist: $CQ = d \cdot \cos\varphi$.

Ferner ist: $OGP = \varphi$; denn die Schenkel stehen senkrecht zu denen von A'CP; somit:

$$QP = QG \cdot \mathrm{tg}\varphi$$

und

$$QG = \sqrt{l^2 - d^2 \cdot \cos^2\varphi},$$

also

$$\left.\begin{matrix} QP \\ QP' \end{matrix}\right\} = \pm \sqrt{l^2 - d^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot \operatorname{tg}\varphi.$$

Die Radien vectoren genügen also der Relation (47).

Da der Punkt Q in der Mitte des Strahles PP' liegt, so folgt daraus:

Der Ort der Mitten der durch den Doppelpunkt C gehenden Sehnen unserer Kurve ist der um OC als Durchmesser beschriebene Kreis.

Jeder Lage der Geraden OG entsprechen 2 Punkte der Kurve, die auf einem Strahl durch den Ursprung C gehen. Bewegt sich daher der Strahl OG von der x-Axe aus bis zur Tangentenlage OB', so bewegt sich der Kurvenpunkt P vom unendlich fernen Punkte auf der positiven Seite der y-Axe bis zum Punkte B' und der Punkt P' vom unendlich fernen Kurvenpunkte auf der negativen Seite der Coordinate y bis zum nämlichen Punkte B'. — Die Berührungspunkte der von O an den Kreis um C gezogenen Tangenten, die Punkte B' und B sind also Punkte der Fokalen; in denselben wird dieser Kreis von der Kurve orthogonal geschnitten.

Bezeichnen wir ferner den Abstand des Punktes P der Kurve von der Büschelkante mit r, so haben wir folgende Beziehung:

Es ist:

$$\varrho^2 + 2d\,\varrho \cdot \cos\varphi + d^2 = r^2.$$

Die linke Seite dieser Gleichung ist aber identisch derjenigen von (47); somit ist:

$$r^2 = l^2 \cdot \operatorname{tg}^2\varphi = r'^2$$

also

$$r = r' = l \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (48)$$

oder auch $l \cdot \operatorname{tg}\varphi = A'D = AD'$; d. h.:

Die Entfernung zweier auf einem Strahl durch den Ursprung C gelegener Kurvenpunkte P und P' vom Doppelpunkt O ist dieselbe und gleich den Abschnitten, welche dieser Leitstrahl auf den Cylindererzeugenden E und E' bildet, gemessen von der x-Axe aus.

Construktion der Normalen in einem beliebigen Kurvenpunkte P.

Diese Aufgabe kann gelöst werden mit Hülfe der auf pag. 123 erhaltenen Construktion eines beliebigen Punktes der Fokalen und wird durch sie zurückgeführt auf die folgende:

Es ist ein variables Dreieck PGQ gegeben, dessen eine Seite PQ durch den festen Punkt

Fig. 14.

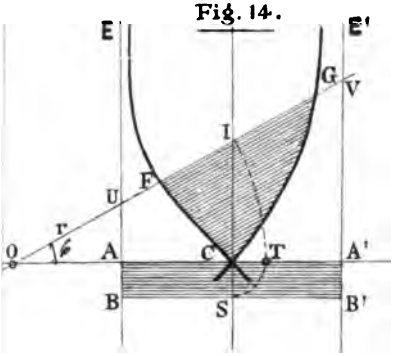
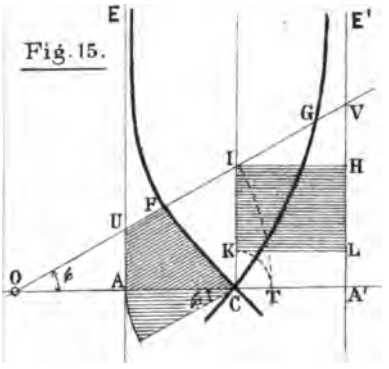
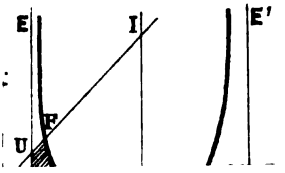


Fig. 15.





C, dessen 2. Seite QG durch einen andern festen Punkt O geht und dessen 3. Seite sich selbst parallel bleibt; dabei bewegt sich die Ecke G auf einem Kreise um C und die Ecke Q auf einem Kreise um C und die Ecke Q auf einem solchen vom Durchmesser CO. Man construiere die Normale der Ortskurve der 3. Ecke P.

Wir bezeichnen (Fig. 12) die Mitte von OC mit M; M ist dann also der Mittelpunkt des Kreises, auf dem Q liegt, und CG und MQ sind die Normalen der Ecken G und Q. Eine in O errichtete Senkrechte zu OQG schneide diese Normalen in den Punkten R resp. S; dann ist QORC ein Rechteck, somit der Punkt R auch Schnittpunkt der Normalen von Q mit der in C auf QP errichteten Senkrechten. PT sei nun die gesuchte Normale von P; sie treffe die in C auf PQ errichtete Senkrechte im Punkte T. Eine im unendlich fernen Punkte von GP errichtete Senkrechte treffe endlich die Normalen GS und PT in den Punkten U_∞ resp. V_∞. Wenn nun dG, dQ und dP die Kurvenelemente sind, welche in unendlich kleinen Zeiten von diesen Punkten beschrieben werden, so ergibt sich nach einem bekannten Satz aus der kinematischen Geometrie:

Es ist:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dG}{dQ} &= \frac{GS}{QR} \\ \frac{dQ}{dP} &= \frac{QR}{PT} \\ \frac{dP}{dG} &= \frac{PV_\infty}{GU_\infty} \end{aligned}\right\} \text{(a)}$$

Durch Multiplikation dieser 3 Gleichungen erhalten wir:

$$1 = \frac{GS \,.\, PV_\infty}{PT \,.\, GU_\infty} \text{ (b)}$$

Wenn wir ferner den Schnittpunkt der Geraden GS und PT mit α bezeichnen, so ist:

$$\frac{PV_\infty}{GU_\infty} = \frac{\alpha V_\infty}{\alpha U_\infty} \text{ (c)}$$

Eine in P errichtete Senkrechte auf PG schneide $G\alpha$ im Punkte β und die durch $G_{||}$ zu PT gezogene Gerade in γ; dann ist:

$$\frac{\alpha V_\infty}{\alpha U_\infty} = \frac{\alpha P}{\alpha\beta} = \frac{G\gamma}{G\beta} \text{ (d)}$$

Dann wird die Gleichung (b):

$$1 = \frac{GS}{PT} \cdot \frac{G\gamma}{G\beta} \quad \text{oder} \quad \frac{PT}{G\gamma} = \frac{GS}{G\beta} \text{ (e)}$$

Indem wir von T aus eine Senkrechte GP ziehen, erhalten wir 2 ähnliche Dreiecke PTz und GPγ; in ihnen ist:

$$\frac{PT}{G\gamma} = \frac{Pz}{GP} \text{ (f)}$$

und wir erhalten daher:

$$\frac{Pz}{GP} = \frac{GS}{G\beta} \text{ (g)}$$

Fällen wir endlich das Lot Sδ, so wird:

$$\frac{GS}{G\beta} = \frac{G\delta}{GP} \text{ (h)}$$

also
$$\frac{Pz}{GP} = \frac{G\delta}{GP} \text{ (i)}$$

oder es ist:
$$Pz = G\delta \text{ (k)}$$

oder
$$\delta z = GP \text{ (l)}$$

Der Schnittpunkt T von zT mit der in C errichteten Senkrechten auf QP ist zugleich ein Punkt der gesuchten Normalen PT. Da das Viereck CPzT ein Viereck im Kreise ist mit PT als Durchmesser, so gilt der Satz:

Der Umkreis des Dreiecks CPz berührt im Punkte P unsere Kurve.

Indem wir nun die oben gefundenen Resultate anwenden und zugleich diejenigen Elemente, die nur zur Ableitung der vorigen Construktion gedient haben, unterdrücken, so ergibt sich folgende Construction der Normalen und der Tangente unserer Kreiscylinderfokalen: (Fig. 13)

Die Fokale ist der Ort des Schnittpunktes P der Geraden GH und QC (oder auch der Geraden OP).

Es sei ferner S der Schnittpunkt des Lotes in O mit der Geraden CG und δ der Fusspunkt des Perpendikels von S auf GP, endlich machen wir noch $\delta z = GP$.

Es berührt dann der um CPz beschriebene Kreis in P die Fokale, und die Gerade, welche P mit dem Schnittpunkt der Perpendikel in z und C verbindet, ist die gesuchte Normale der Kurve im Punkte P, oder nehmen wir im Dreieck QPz zu dem durch P gehenden Höhenperpendikel die Winkelgegenlinie, so ist letztere die Normale der Kreiscylinderfokalen im Punkte P.

Die zugehörige Tangente ist die durch P Parallele zu HU, der Verbindungslinie der Fusspunkte der beiden Höhenperpendikel in C und z.

Darstellung der Coordinaten eines Punktes der Kreiscylinderfokalen als rationale Functionen eines Parameters.*)

Die Fokale des Kreiscylinders besitzt 3 Doppelpunkte; sie ist also eine Kurve vom Geschlecht Null, und es lassen sich somit ihre rechtwinkligen Coordinaten (x, y) darstellen als algebraische Funktionen eines variablen Parameters.

Zu dieser Darstellung gelangen wir vermittelst der Gleichungen (17) und (18) pag. 113, welche die Coordinaten der Fokalen des elliptischen Cylinders in elliptischen Funktionen eines Parameters u ausdrücken. Für den Fall nämlich, dass der elliptische Cylinder in einen Kreiscylinder übergeht, wird der Modulus $k = \frac{a}{a} = 1$, und es gehen die elliptischen Funktionen über in hyperbolische; denn für $k = 1$ wird:

$$u = \int_0^z \frac{dz}{1 - z^2} = \frac{1}{2} \cdot \mathrm{Lg} \frac{1 + z}{1 - z};$$

hieraus ist:

$$z = \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}} = \mathrm{tg.\,hyp.}\, u = \mathrm{tang}\, u;$$

Es ist aber auch: $z = \mathrm{sn}\ (u, 1)$,

somit:

ferner

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{sn}\ (u, 1) &= \mathrm{tang}\ u \\ \mathrm{cn}\ (u, 1) &= \frac{1}{\mathrm{cof}\ u} \\ \mathrm{dn}\ (u, 1) &= \frac{1}{\mathrm{cof}\ u} \end{aligned}\right\} \quad (49)$$

Indem wir diese Werte für sn, cn, dn in den Gleichungen (17) und (18) einsetzen, gehen diese über in:

$$\left.\begin{aligned} x &= d + a \cdot \frac{1}{\mathrm{cof}\ u}, \\ y &= \left(d + a \cdot \frac{1}{\mathrm{cof}\ u}\right) \cdot \frac{1}{\mathrm{fin}\ u}; \end{aligned}\right\} \quad (50)$$

*) Siehe Prof. Dr. G. Huber, Die Kegelfokalen, Bern, 1893.

oder da wir den Radius des Kreiscylinders mit l bezeichnet haben:

$$\left.\begin{aligned} x &= d + l \,.\, \text{fekans } u \\ y &= d \,.\, \text{cofekans } u + 2\,l \,.\, \text{cofekans } 2\,u \end{aligned}\right\} \quad (50^a)$$

Diese Gleichungen drücken also die rechtwinkligen Coordinaten eines Punktes der Kreiscylinderfokalen in hyperbolischen Functionen eines Argumentes u aus. Jedem Werte von u entspricht ein und nur ein Kurvenpunkt; die Fokale ist mithin durch diese Gleichungen eindeutig bestimmt.

Durch Division der Gleichungen (50) folgt:

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{\text{fin } u} \quad \ldots \quad (51)$$

Dies ist die Gleichung eines Strahls durch den Coordinatenursprung O, der die Fokale in 2 zugeordneten Punkten schneidet von den Argumenten u und $(i\pi - u)$.

$\frac{1}{\text{fin } u}$ stellt in obiger Gleichung (51) den Richtungscoëffizienten des Leitstrahls durch O dar. Setzen wir denselben gleich der trigonometrischen Tangente eines variablen Winkels α, also: $\frac{1}{\text{fin } u} = \text{tg } \alpha$, so erhalten wir die Coordinaten (x, y) eines Punktes der Kreiscylinderfokalen ausgedrückt in rationalen Functionen von trigonometrischen Functionen, nämlich:

$$\left.\begin{aligned} x &= d + l \sin \alpha \\ y &= (d + l \,.\, \sin \alpha) \,.\, \text{tg } \alpha \end{aligned}\right\} \quad (52)$$

Lassen wir hierin α variieren von 0^0 bis 360^0, so erhalten wir sämtliche Kurvenpunkte.

Die Gleichungen (52) gehen für den Fall, dass $d = l$ wird über in:

$$\left.\begin{aligned} x &= l\,(1 + \sin \alpha) \\ y &= l\,(1 + \sin \alpha) \,.\, \text{tg } \alpha \end{aligned}\right\} \quad (52^a)$$

Rückt O nach C oder wird $d = 0$, so werden obige Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x &= l \,.\, \sin \alpha \\ y &= l \,.\, \sin \alpha \,.\, \text{tg } \alpha \end{aligned}\right\} \quad (52^b)$$

und hieraus ergibt sich auf einfache Weise die Polargleichung der Kreiscylinderfokalen $d = 0$, bezogen auf den Selbstberührungspunkt als Nullpunkt; nämlich:

$$x^2 + y^2 = r^2 = l^2 \,.\, \sin^2 \alpha + l^2 \,.\, \sin^2 \alpha \,.\, \text{tg}^2 \alpha$$

oder

$$r = l \,.\, \text{tg } \alpha \quad \ldots \quad (53)$$

Mit Hülfe dieser Polargleichung lassen sich nun Punkte der Fokalen construieren; denn aus ihr geht hervor, dass der Radius

vector eines Kurvenpunktes direkt proportional ist der trigonometrischen Tangente des Winkels, den derselbe mit der x-Axe bildet.

Tragen wir also auf einen beliebigen Leitstrahl durch O seinen Abschnitt auf der Cylindererzeugenden E resp. E' ab, so ist dieser Punkt ein Punkt der Fokalen.

Die Gleichungen (52) geben uns die rechtwinkligen Coordinaten eines Punktes der Kreiscylinderfokalen bezogen auf O als Ursprung in trigonometrischen Functionen eines variablen Winkels α.

Setzen wir nun in denselben $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = t$, wo t einen variablen Parameter bedeutet, so gehen sie über in:

$$\left.\begin{aligned} x &= d + l\frac{2t}{1+t^2}; \\ y &= \frac{2(d + 2lt + dt^2) \cdot t}{1 - t^4} \end{aligned}\right\}$$

oder alles auf gleichen Nenner gebracht:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{(d + 2lt + dt^2) \cdot (1 - t^2)}{1 - t^4} \\ y &= \frac{2(d + 2lt + dt^2) \cdot t}{1 - t^4} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (54)$$

Es lassen sich also die Coordinaten sämtlicher Punkte der Kreiscylinderfokalen darstellen mit Hülfe eines variablen Parameters als rationale algebraische Functionen.

Für den Doppelpunkt O ergeben sich die Parameterwerte aus der Gleichung: $d + 2lt + dt^2 = 0$; nämlich:

$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = \frac{-l \pm \sqrt{l^2 - d^2}}{d}.$$

Dieselben sind nur reell für $l \gtrless d$. Für $l = d$, d. h. für den Fall, dass die Büschelaxe den Cylinder tangiert, erhalten wir aus obiger Gleichung nur einen Parameterwert; O ist, was wir schon früher auf andere Weise gefunden haben, unter dieser Voraussetzung ein einfacher Punkt der Fokalen 3. Ordnung.

Für die Parameterwerte $t_1 = 0$ und $t_2 = \infty$ ergeben sich aus Gleichung (54) die Coordinaten des Doppelpunktes C, und $t = \pm 1$ entsprechen die unendlich fernen Kurvenpunkte.

Durch Division der Gleichungen (54) ergibt sich:

$$\frac{y}{x} = \frac{2t}{1-t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (55)$$

Dies ist die Gleichung eines Leitstrahls durch O. Derselbe schneidet die Fokale in 2 reellen Punkten, die wir zugeordnete Punkte genannt haben. Jedem dieser Schnittpunkte entspricht ein bestimmter Parameterwert t.

Fassen wir in Gleichung (55) den Ausdruck $\frac{2t}{1-t^2}$ als Richtungscoëfficient des Leitstrahls auf und setzen wir denselben $= m$, so ergeben sich aus dieser Gleichung: $\frac{2t}{1-t^2} = m$ die Parameterwerte zweier zugeordneter Punkte t_1 und t_2 durch:

$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+m^2}}{m}.$$

Ihr Produkt: $t_1 \cdot t_2 = -1 = \text{constant}$, stellt eine elliptische Punkt- oder Strahlinvolution dar von der Potenz — 1. Der Mittelpunkt derselben ist der Parameterwert 0 des Doppelpunktes C; ihm entspricht der Parameterwert ∞ desselben Punktes.

Für $m = \pm\sqrt{-1} = \pm i$ fallen die sonst verschiedenen Parameterwerte zweier zugeordneter Punkte zusammen in $+i$ resp. $-i$; $y = \pm i x$ ist aber die Gleichung der Leitstrahlen durch O nach den imaginären Kreispunkten im Unendlichen; es ist die Gleichung der Strahlen absoluter Richtung; dieselben sind mithin Tangenten der Fokalen in diesen Punkten.

Die hier gefundenen Resultate lassen sich kurz in folgendem Satz ausdrücken:

Je zwei zugeordnete Punkte einer Kreiscylinderfokalen besitzen Parameterwerte, welche einer elliptischen Involution angehören von der Potenz — 1; der Mittelpunkt derselben ist der Parameterwert 0 des Doppelpunktes C. Die imaginären Doppelpunkte dieser Involution sind die Parameterwerte der imaginären Kreispunkte der Ebene.

Wählen wir statt des Doppelpunktes O, den Punkt C als Ursprung des Coordinatensystems, so gehen die Gleichungen (54) über in:

$$\left.\begin{aligned} x' &= \frac{2\,lt\,.\,(1-t^2)}{1-t^4} \\ y' &= \frac{2\,(d+2\,lt+dt^2)\,.\,t}{1-t^4} \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; (56)$$

Es stellt uns dann die Gleichung:

$$\frac{y'}{x'} = \frac{d+2\,lt+dt^2}{l(1-t^2)} \quad . \; . \; . \; (57)$$

einen Strahl durch C dar. Jeder solche Strahl schneidet die Kreiscylinderfokale in 2 Punkten; ihre Parameterwerte ergeben sich aus:

$$d+2\,lt+dt^2 = l\,.\,m\,(1-t^2);$$

sie sind:
$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = \frac{-l \pm \sqrt{l^2-(d^2-l^2\,m^2)}}{d+lm};$$

wo m der Richtungscoëfficient des betreffenden Strahles bedeutet. Diese Schnittpunkte sind jedoch nur reell für $l^2(1+m^2) > d^2$, also für $m > \frac{1}{l}\sqrt{d^2-l^2}$, für den Fall, dass $d > l$.

Wird der Radikant:

$$l^2 + l^2\,m^2 - d^2 = 0,$$

so wird $t_1 = t_2$, und der Leitstrahl ist Tangente vom Doppelpunkt C aus an die Fokale. Dies tritt also ein für

$$m = \pm\frac{1}{l}\sqrt{d^2-l^2}.$$

Es können also vom Doppelpunkt C aus zwei Tangenten an die Kreiscylinderfokale gezogen werden, die symmetrisch liegen zur x-Axe. Diese Tangenten sind jedoch nur reell für $d > l$, also für den Fall, dass die Büschelkante ausserhalb des Cylinders liegt.

Der Ort der Berührungspunkte dieser Tangenten für ein System von Kreiscylinderfokalen, das wir erhalten, indem wir bei constantem Cylinderradius d variieren lassen, ergibt sich aus der auf C als Ursprung bezogenen Kurvengleichung in rechtwinkligen Coordinaten unter Zuhülfenahme des oben für den Richtungscoëfficienten der Tangenten gefundenen Ausdrucks.

Es war diese Gleichung der Fokalen in rechtwinkligen Coordinaten (pag. 121):

$$x'^2\,.\,((x'+d)^2+y'^2) - l^2\,y'^2 = 0.$$

Es sei ferner: $y' = m\,x'$ die Gleichung einer im Coordinatenursprung an die Kurve gezogenen Tangente, deren Richtungscoëfficient gegeben ist durch:

$$m = \pm \frac{1}{l} \sqrt{d^2 - l^2};$$

dann erhalten wir aus obigen Gleichungen die Coordinaten des Berührungspunktes der Tangente als:

$$\left.\begin{aligned} x' &= \frac{-d}{1+m^2} \\ y' &= \frac{-md}{1+m^2} \end{aligned}\right\} \quad . . \quad (58)$$

Führen wir hierin für m die obige Bedingungsgleichung ein und eliminieren den constanten Abstand d, so erhalten wir als Ort der Berührungspunkte sämtlicher durch C gehender Tangenten eines Fokalsystems den Kreis:

$$x^2 + y^2 = l^2 \quad . . . \quad (59)$$

Dies ist ein Kreis um den Doppelpunkt C mit Radius = l = dem Radius des Cylinders; derselbe berührt also die Cylindererzeugenden E und E' in den Punkten A und A'.

Da die beiden von C aus an die Fokale gehenden Tangenten symmetrisch sind zur x-Axe, so liegen ihre Berührungspunkte auch auf einem Kreis um O, welcher die Kurve in denselben berührt; denn: Ein Kreis mit Radius r um O und unsere Kreiscylinderfokale bezogen auf O als Ursprung haben die Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x^2 + y^2 &= r^2; \\ (x^2 + y^2) \cdot (x - d)^2 - l^2 y^2 &= 0; \end{aligned}\right\} \qquad (a)$$

Eliminieren wir aus diesen Gleichungen y^2, so erhalten wir eine Gleichung in x^2, welche nach x aufgelöst die Abscissen der Schnittpunkte von Kreis und Fokale liefert.

Die Gleichung in x^2 lautet:

$$(r^2 + l^2) \cdot x^2 - 2\,d \cdot r^2 \cdot x + (d^2 - l^2) \cdot r^2 = 0. \quad (b)$$

Soll nun obiger Kreis die Kurve berrühren, so müssen die beiden Wurzeln dieser Gleichung (b) zusammenfallen, und hiefür ist die Bedingung:

$$(r^2 + l^2) \cdot (d^2 - l^2) \cdot r^2 - d^2 r^4 = 0.$$

Dieses Polynom zerfällt in 2 Faktoren:

$$\left.\begin{aligned} &1.\ r^2 = 0 \\ \text{und} \quad &2.\ (r^2 + l^2) \cdot (d^2 - l^2) - d^2 r^2 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (c)$$

Die Lösung $r^2 = 0$ bezieht sich auf den isolierten Doppelpunkt O und kommt hier nicht in Betracht.

Aus dem 2. Faktor ergibt sich:

$$r^2 = d^2 - l^2; \qquad (d)$$

Aus Gleichung (b) wird die Abcisse der Berührungspunkte:

$$x = \frac{d r^2}{r^2 + l^2};$$

da aber nach (d): $r^2 + l^2 = d^2$, so ist:

$$d \,.\, x = r^2 \;\ldots\ldots\; (60)$$ Fig. 7; Bl. II; d. h.

Der um O beschriebene Kreis, welcher durch die Berührungspunkte der von C an die Fokale $d > l$ gelegten Tangenten geht, schneidet in diesen Punkten den Kreis um den Doppelpunkt C mit Radius l orthogonal; dabei berührt er auch die Kurve in diesen Punkten.

Für die Specialkurven $\mathbf{d = l}$ (Strophoïde) und $\mathbf{d = 0}$ gehen die Gleichungen (54) über in die folgenden:

$$\left.\begin{aligned} d = l: \qquad x &= l\left(1 + \frac{2t}{1+t^2}\right) \\ y &= \frac{2lt \,.\, (1+t)^2}{1 - t^4} \end{aligned}\right\} \quad (61)$$

$$\left.\begin{aligned} d = 0: \qquad x &= \frac{2lt}{1+t^2} \\ y &= \frac{4lt^2}{1 - t^4} \end{aligned}\right\} \quad (62)$$

Bezeichnen wir auch hier die zwei auf einem Leitstrahl durch den Coordinatenursprung O liegenden Kurvenpunkte als zugeordnet, so gelten im Specialfall $d = l$, nach Gleichung (61), für ihre Radien vectoren und für ihre rechtwinkligen Coordinaten dieselben Gesetze wie bei der entsprechenden Fokalen des elliptischen Cylinders (pag. 113).

Transformieren wir die Gleichungen (54), (61) und (62) auf den Doppelpunkt C als Coordinatenursprung, so lauten dieselben:

$$\text{a.}\quad d > l: \qquad \left.\begin{aligned} x &= \frac{2\,lt}{1+t^2} \\ y &= \frac{2\,(dt^2 + 2\,lt + d)\,.\,t}{1 - t^4} \end{aligned}\right\} \quad (63^a)$$

$$\text{b. } d = l: \quad \left.\begin{aligned} x &= \frac{2lt}{1+t^2} \\ y &= \frac{2l(1+t)\,.\,t}{(1+t^2)\,.\,(1-t)} \end{aligned}\right\} \quad (63^b)$$

$$\text{c. } d = 0: \quad \left.\begin{aligned} x &= \frac{2lt}{1+t^2} \\ y &= \frac{4lt^2}{1-t^4} \end{aligned}\right\} \quad (63^c)$$

Diese Gleichungen zeigen, dass die Abcisse x für sämtliche Fokalen eines Systems mit variablem d, aber constantem Parameter t dieselbe ist.

Es entsprechen aber jedem Werte von x zwei Werte von t, die sich aus obigen Gleichungen für die Abcisse ergeben als:

$$\left.\begin{matrix} t_1 \\ t_2 \end{matrix}\right\} = \frac{l \pm \sqrt{l^2 - x^2}}{x};$$

Diese Parameterwerte sind nur reell für $l > x$, d. h. für den Fall, dass die zugehörigen Punkte der Fokalen sich innerhalb den Erzeugenden E und E′ befinden, mithin selber reell sind.

Das Produkt der Parameterwerte aus obiger Gleichung ist:

$$t_1 \,.\, t_2 = 1 = \text{constant},$$

d. h.: Jede Ordinate zwischen den Cylindererzeugenden E und E′ schneidet sämtliche Fokalen eines Kreiscylinders in Punktepaaren, deren Parameterwerte bezogen auf den Doppelpunkt C dieselben sind, und es bilden diese Parameterwerte aller Ordinaten ein hyperbolisches Punktsystem von der Potenz $= +1$. Der Mittelpunkt dieser Involution wird repräsentiert durch den Parameterwert $t_1 = 0$ des Punktes C; diesem entspricht als unendlich fernes Element der andere Parameterwert $t_2 = \infty$ desselben Punktes; die Doppelelemente sind die Parameter der unendlich fernen Kurvenpunkte.

Wendepunkte der Kreiscylinderfokalen.

Lassen wir in der Wendepunktsgleichung (27) pag. 116 den Modulus k in 1 übergehen, so erhalten wir eine Gleichung in hyperbolischen Functionen, die uns die 6 Wendepunkte der Kreiscylinderfokalen liefert.

Es wird also (27) für k = 1:

$$\operatorname{tang}^4 u \,.\left\{1\,.\,\frac{1}{\operatorname{cof}^5 u} + 3\,d\,\frac{1}{\operatorname{cof}^4 u} + 2\,l\,\frac{1}{\operatorname{cof}^3 u}\right\} = 0$$

oder $\operatorname{tang}^4 u \,.\, \{2\,l\,.\,\operatorname{cof}^2 u + 3\,d\,.\,\operatorname{cof} u + l\} = 0;$ . . . . (64)

Diese Gleichung zerfällt also in die beiden:

$$\left.\begin{array}{ll} & 1.\ \operatorname{tang}^4 u = 0 \\ \text{und} & 2.\ 2l\,.\,\operatorname{cof}^2 u = 3\,d\operatorname{cof} u + l = 0 \end{array}\right\} \quad \ldots (65)$$

Der 1. Faktor liefert die zwei im unendlich fernen Doppelpunkt der Kurve liegenden Wendepunkte; denn diese Gleichung ist erfüllt für $u = 0$ und $u = i\,\pi$, für welche Werte sich aus Gleichung (50) die rechtwinkligen Coordinaten:

$\left.\begin{array}{l} x = d + l \\ y = \infty \end{array}\right\}$ und $\left.\begin{array}{l} x = d - l \\ y = \infty \end{array}\right\}$ ergeben; der unendlich ferne Doppelpunkt ist mithin auch für die Kreiscylinderfokalen doppelter Inflexionsknoten.

Die übrigen 4 Wendepunkte der Kreiscylinderfokalen sind gegeben durch den 2. Faktor der Wendepunktsgleichung (64):

$$2\,l\operatorname{cof}^2 u + 3\,d\operatorname{cof} u + l = 0;$$

Nach cof u aufgelöst, erhalten wir:

$$\operatorname{cof} u = \frac{-3\,d \pm \sqrt{9\,d^2 - 8\,l^2}}{4\,l}.$$

Jedem Werte für d entsprechen aus dieser Gleichung im allgemeinen zwei Werte für cof u und jeder dieser Werte cof u liefert nach Gleichung (50) die rechtwinkligen Coordinaten zweier Wendepunkte, die symmetrisch liegen zur x-Axe, also gleiche Abscisse und entgegengesetzt gleiche Ordinaten besitzen. Nur für den Fall $d = \pm\frac{2}{3}\,l\,.\sqrt{2}$ fallen die beiden Werte von cof u aus obiger Gleichung zusammen in $\mp\frac{1}{9}\sqrt{2}$, und wir erhalten nur 2 symmetrisch zur x-Axe gelegene Wendepunkte, deren Coordinaten aber imaginär sind.

Die rechtwinkligen Coordinaten der 4 Wendepunkte ergeben sich aus Gleichungen (50) als:

$$\left.\begin{array}{l} x = d + \dfrac{4\,l^2}{-3\,d \pm \sqrt{9\,d^2 - 8\,l^2}} \\ y = \left(d + \dfrac{4\,l^2}{-3\,d \pm \sqrt{9\,d^2 - 8\,l^2}}\right) \cdot \dfrac{4\,l}{\pm\sqrt{18\,d^2 - 24\,l^2 \mp 3\,d\,.\sqrt{9\,d^2 - 8\,l^2}}} \end{array}\right\} (66)$$

Ist $\mathbf{d < l}$, d. h., schneidet die Büschelkante den Cylinder, so erhalten wir aus obigen Gleichungen 4 imaginäre Wendepunkte, und zwar werden für $l > d > \frac{2}{3} l . \sqrt{2}$ die Ordinaten und für $d < \frac{2}{3} l \sqrt{2}$ die Abscissen derselben imaginär. Hat d den speciellen Wert: $\frac{2}{3} l \sqrt{2}$, so fallen, wie schon oben gefunden, die beiden imaginären Wendepunktspaare in eines zusammen mit den Coordinaten:

$$x = -\frac{1}{3} l . \sqrt{2}; \begin{cases} y_1 = \frac{2}{3} l i \\ y_2 = -\frac{2}{3} l i \end{cases}.$$

Für $d = 0$ sind die Coordinaten der Wendepunkte:

$$x_1 = -l i \sqrt{2}; \begin{cases} y_1 = -\frac{2}{3} l \sqrt{3} \\ y_2 = +\frac{2}{3} l \sqrt{3} \end{cases}$$

und

$$x_2 = +l i \sqrt{2}; \begin{cases} y'_1 = \frac{2}{3} l \sqrt{3} \\ y'_2 = -\frac{2}{3} l \sqrt{3} \end{cases};$$

sie liegen also c e n t r a l - s y m m e t r i s c h zum Ursprung $0 = C$.

Tangiert die Büschelaxe den Cylinder oder wird $d = l$, so liegen 2 Wendepunkte im Punkte $0 = A$ vereinigt, und dieser ist ein gewöhnlicher Punkt der Fokale 3. Ordnung. Die beiden andern Wendepunkte sind wieder imaginär und haben die Coordinaten:

$$x = -l; \begin{cases} y_1 = \frac{4}{3} l i \\ y_2 = -\frac{4}{3} l i \end{cases}$$

Lassen wir endlich $\mathbf{d > l}$ werden, so wird in der nach cof u aufgelösten Gleichung auf voriger Seite nur für das n e g a t i v e Zeichen der Wurzel cof u absolut > 1; dies ist aber die Bedingung dafür, dass die aus den Gleichungen (50) sich ergebenden Coordinaten (x, y) eines Punktes der Fokalen $d > l$ reell ausfallen.

Es besitzt also die Kreiscylinderfokale $d > l$ zwei reelle, symmetrisch zur x-Axe gelegene Wendepunkte, deren Coordinaten wir erhalten, indem wir in den Gleichungen (66) nur das negative Zeichen der Wurzel berücksichtigen; also:

$$(67)\quad \begin{cases} x = d + \dfrac{4l^2}{-3d - \sqrt{9d^2 - 8l^2}} = \dfrac{-d + \sqrt{9d^2 - 8l^2}}{2} \\ y = \dfrac{-d + \sqrt{9d^2 - 8l^2}}{2} \cdot \dfrac{4l}{\pm\sqrt{18d^2 - 24l^2 + 3d\sqrt{9d^2 - 8l^2}}} \\ \qquad = \pm\sqrt{\dfrac{2}{3}(2l^2 - 3d^2 + d\sqrt{9d^2 - 8l^2})} \end{cases}$$

Die beiden andern Wendepunkte sind imaginär; ihre Coordinaten ergeben sich aus den Gleichungen (66) für das positive Wurzelvorzeichen des Ausdrucks für $\cos u$.

Beziehen wir in obigen Gleichungen (67) die Coordinaten der reellen Wendepunkte statt auf O auf C als Ursprung, so gehen dieselben über in:

$$(68)\quad \begin{cases} x' = x - d = \dfrac{-3d + \sqrt{9d^2 - 8l^2}}{2}, \\ y' = \quad y = \pm\sqrt{\dfrac{2}{3}(2l^2 - 3d^2 + d\sqrt{9d^2 - 8l^2}}; \end{cases}$$

Betrachten wir hierin d, den Abstand der Büschelaxe vom Doppelpunkt C, als variabel und eliminieren denselben aus diesen Ausdrücken für x' und y', so erhalten wir eine Gleichung, welche uns den Ort der im Endlichen liegenden, reellen Wendepunkte eines Systems von Fokalen, für die $d > l$ ist, darstellt.

Wir erhalten als Ortskurve dieser reellen Wendepunkte eine Ellipse von der Gleichung:

$$(69)\quad \frac{x'^2}{l^2} + \frac{y'^2}{\left(\frac{2l}{3}\right)^2} = 1; \qquad \text{(Blatt II; Fig. 7;)}$$

Um einen Wert für den Krümmungsradius der Kreiscylinderfokalen zu bekommen, können wir die auf pag. 114, Gl. 20 citierte Formel für ϱ anwenden auf unsere in Parameterform gegebene Kurvengleichung (54). Die in dieser Weise sich ergebenden Ausdrücke werden aber sehr complicierte, und es ist daher vorzuziehen,

mit Hülfe der Polargleichung unserer Kurve deren Krümmung zu bestimmen.*)

Dies ausgeführt, ergibt:

$$\varrho = \frac{\left\{l^2 + d^2 + 2\,dl \sin\varphi\,(1 + \cos^2\varphi) + l^2 \,.\, \sin^2\varphi \,.\, \cos^2\varphi\right\}^{3/2}}{l \,.\, \cos^4\varphi \,.\, (2\,l + 3\,d \,.\, \sin\varphi + l \sin^2\varphi)}; \quad (70)$$

Erteilen wir hierin φ die Werte 0 und π, so erhalten wir die Krümmungsradien der beiden im Doppelpunkt C sich schneidenden Kurvenäste und zwar wird in beiden Fällen:

$\varrho_{(0)} = \frac{(l^2 + d^2)^{3/2}}{2\,l^2}$, was aussagt, dass beide im Doppelpunkt C sich schneidenden Äste in diesem Punkte dieselbe Krümmung haben. Für die Specialkurven $d = l$ und $d = 0$ nimmt $\varrho_{(0)}$ die Werte an:

1. $d = l$: $\varrho_{(0)} = l \,.\, \sqrt{2}$; 2. $d = 0$: $\varrho_{(0)} = \frac{l}{2}$. —

Quadratur von Segmenten der Kreiscylinderfokalen.

Ein durch den Doppelpunkt 0 gehender Strahl (Fig. 14) treffe die Cylindererzeugenden E und E' in den Punkten U und V und die Fokale in F und G.

Dann ist:

$$\text{Sector OCG} = \frac{1}{2}\int_0^{\varphi} r^2 \,.\, d\varphi;$$

Da aber: $r = \frac{d \pm l \sin\varphi}{\cos\varphi}$ (Polargleichung),

so wird:

$$\left.\begin{aligned} \text{Sector OCG} &= \frac{1}{2}\int_0^{\varphi} (d + l\sin\varphi)^2 \,.\, \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi} \\ \text{und} \quad \text{Sector OCF} &= \frac{1}{2}\int_0^{\varphi} (d - l\sin\varphi)^2 \,.\, \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi} \end{aligned}\right\} \quad (71)$$

Hieraus wird durch Subtraktion:

$$\text{Segment FCG} = 2\,d\,.\,l\int_0^{\varphi} \frac{\sin\varphi \,.\, d\varphi}{\cos^2\varphi} = 2\,d\,.\,l\,.\left\{\frac{1}{\cos\varphi}\right\}_0^{\varphi}.$$

*) Siehe Prof. G. Huber, die Kegelfokalen, S. 49.

Indem wir die Grenzen einsetzen, bekommen wir:

$$\text{Segment FCG} = 2\,d\,.\,l\left\{\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (72)$$

Bezeichnen wir den Schnittpunkt des Leitstrahls OUG mit der Cylinderaxe mit J, so ist: $OJ = \frac{d}{\cos\varphi} = OT$

und $$CT = \frac{d}{\cos\varphi} - d;$$

Da aber nach Gleichung (72): Fläche $FCG = 2l\left\{\frac{d}{\cos\varphi} - d\right\}$, so können wir den Inhalt derselben angeben durch ein Rechteck, dessen eine Seite $= 2l =$ dem Durchmesser des Cylinders ist und dessen andere Seite uns durch die Strecke $CT = \frac{d}{\cos\varphi} - d$ dargestellt wird. Tragen wir daher diese letztere Entfernung nach unten oder oben von C aus auf die Cylinderaxe ab und ziehen durch den Endpunkt S eine Parallele zur x-Axe, so ist:

Fläche FCG = AA'B'B, d. h., gleich dem Inhalt des Rechtecks gebildet von den Cylindererzeugenden E und E' einerseits und der x-Axe und der zu ihr im Abstand $\frac{d}{\cos\varphi} - d$ Parallelen andrerseits.

Für den Fall, dass d den speciellen Wert 0 annimmt, lautet die Polargleichung der Fokalen, wie früher gefunden:

$$r = l\,.\,\mathrm{tg}\varphi;$$

r bedeutet dabei die Länge eines Halbstrahls von $0 = C$ aus, welcher mit der x-Axe einen Winkel φ bildet.

Es ergibt sich dann als Inhalt des von diesem Halbstrahl r und der Kurve ($d = 0$) eingeschlossenen Flächenstücks:

Fläche OMP

$$= \frac{1}{2}\int_0^{\varphi} r^2\,.\,d\varphi = \frac{l^2}{2}\int_0^{\varphi} \mathrm{tg}^2\varphi\,.\,d\varphi = \frac{l^2}{2}\left\{\int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi} - \int_0^{\varphi} d\varphi\right\}$$

$$= \frac{l^2}{2}\cdot\left\{\mathrm{tg}\varphi - \varphi\right\}^{\varphi} = \frac{l^2}{2}\left\{\mathrm{tg}\varphi - \varphi\right\}; \quad \ldots\ldots (73)$$

Da diese Fokale central-symmetrisch ist, so schliesst der nach der negativen Seite verlängerte Strahl r mit der Kurve ein gleich grosses Flächenstück ein, und wir haben daher, wenn wir mit J die Summe der Inhalte der beiden Kurvensegmente bezeichnen:

$$J = l^2 \cdot (\operatorname{tg}\varphi - \varphi) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (74)$$

Ferner ist:

Segment OMPGA' = $\measuredangle$OA'G — Sektor OMP;

da aber: $\measuredangle OA'G = \frac{l^2 \cdot \operatorname{tg}\varphi}{2}$, so wird:

Flächenstück OMPGA' = $\frac{l^2 \cdot \operatorname{tg}\varphi}{2} - \frac{l^2}{2}(\operatorname{tg}\varphi - \varphi) = \frac{l^2}{2} \cdot \varphi$;

und für $\varphi = \frac{\pi}{2}$ erhalten wir, indem wir den Inhalt des unendlich langen Flächenstreifens zwischen der Kurve, der Asymptote A' und der x-Axe mit S bezeichnen:

$$S = l^2 \cdot \frac{\pi}{4};$$

Die Kurve (d = 0) schliesst aber mit den beiden Erzeugenden E und E', welche zugleich Asymtoten sind, 4 solcher unendlich langer Flächenstreifen ein, deren Inhalte einander gleich sind. Es beträgt also die Summe aller 4:

$$4\,S = l^2 \cdot \pi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (75) \text{ d. h.,}$$

Die von der Kreiscylinderfokalen (d = 0) und den Asymptoten eingeschlossenen unendlich langen Flächenstreifen haben einen endlichen Inhalt; ihre Summe ist gleich dem Inhalt des Kreises mit Radius l des Cylinders.

Aus der Figur 14 geht weiter hervor:

Es ist: Fläche ACFU = $\frac{1}{2}\int_0^{\varphi}\left\{r^2 - \frac{(d-l)^2}{\cos^2\varphi}\right\} \cdot d\varphi$;

Da aber: $r = \frac{d - l\sin\varphi}{\cos\varphi}$, so wird:

$$r^2 - \frac{(d-l)^2}{\cos^2\varphi} = \frac{(d - l\sin\varphi)^2 - (d-l)^2}{\cos^2\varphi} = \frac{2d\,.\,l\,.(1-\sin\varphi) - l^2\,.\sin^2\varphi}{\cos^2\varphi}$$

$$= \frac{2dl}{1+\sin\varphi} - l^2 = \frac{dl}{\cos^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)} - l^2;$$

Setzen wir diesen Wert unter dem Integral ein, so ist:

$$\text{Inhalt von Fläche: } ACFU = -dl \cdot \int_0^{\varphi} \frac{d\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)}$$

$$-\frac{l^2}{2}\int_0^{\varphi} d\varphi = dl \cdot \left\{1 - tg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)\right\} - \frac{1}{2} l^2 \cdot \varphi; \quad \ldots \quad (76)$$

Nun ist:

$$(1 - tg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = 1 - \frac{1 - tg\,\varphi\big|_2}{1 + tg\,\varphi\big|_2} = \frac{2\,tg\,\varphi\big|_2}{1 + tg\,\varphi\big|_2} = \frac{2\sin\varphi\big|_2}{\sin\varphi\big|_2 + \cos\varphi\big|_2}$$

$$\frac{\sqrt{2} \cdot \sin\varphi\big|_2}{\sin\left(45^0 + \varphi\big|_2\right)};$$

Also wird dann:

$$\text{Fläche } ACFU = \frac{d \cdot l\sqrt{2}\sin\varphi\big|_2}{\sin\left(45^0 + \varphi\big|_2\right)} - \frac{1}{2} l^2 \varphi \quad \ldots \ldots \quad (76^a)$$

Setzen wir endlich in Gleichung (76) eine trigonometrische Funktion des ganzen Winkels ein, also:

$$tg\left(45^0 - \varphi\big|_2\right) = \frac{1 - \sin\varphi}{\cos\varphi},$$

so geht sie über in:

$$\text{Fläche } ACFU = dl \cdot tg\,\varphi - dl\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right) - \frac{1}{2} l^2 \cdot \varphi \quad (76^b)$$

Diese Formel gibt mit Berücksichtigung der Ausdrücke (71) folgende Construktion des Inhalts des Flächenstückes ACFU. (Fig. 15.)

Es ist also:

Fläche ACFU = Rechteck HIKL — Kreissector ACS;

Vorteilhafter als diese Gleichung ist die Formel für den Inhalt des Flächenstückes ACFU, welche uns gegeben wird durch Construktion vom Ausdruck (76). (Fig. 16.)

Derselbe war:

$$\text{Fläche } ACFU = dl\left\{1 - tg\left(45^0 - \varphi\big|_2\right)\right\} - \frac{1}{2} \cdot l^2 \cdot \alpha.$$

Dies construiert, ergibt die Gleichung:

Inhalt von Fläche ACFU = Rechteck DEGH — Kreissectors A′CS;

Die letztere Construction, sowie auch die Gleichungen (76) oder (76ª) lassen sich auf den Grenzfall ausdehnen, wo $\varphi = \frac{\pi}{2}$ wird, und es rückt für diesen Wert von φ der Kurvenpunkt F ins Unendliche.

Aus den Gleichungen (76) oder (76ª) ergibt sich für $\varphi = \frac{\pi}{2}$:

Fläche $F = dl - \frac{\pi l^2}{4}$ als unendlich langer Flächenstreifen zwischen der Kurve, der Erzeugenden E und der x-Axe, und hieraus folgt durch Construction: (Fig. 17.)

Unendl. langer Flächenstreifen F = Fläche AOKLM, d. h.

Es besitzt auch bei der Fokalen ($d > l$) der unendlich lange Flächenstreifen, begrenzt von der Erzeugenden E, der x-Axe und der Kurve einen endlichen Inhalt gleich dem Flächenstück AOKLM, gleich dem Rechteck OKLC vermindert um den Kreissector CAL.

Betrachten wir in Fig. 14 den Flächenstreifen CA′VG in analoger Weise, so ergibt sich für ihren Inhalt der Ausdruck:

$$\text{Inhalt von } CA'VG = \frac{1}{2}\int_0^{\varphi}\left\{\frac{(d+l)^2}{\cos^2\varphi} - r'^2\right\} . d\varphi;$$

Da nun aber

$$\frac{(d+l)^2}{\cos^2\varphi} - r'^2 = \frac{(d+l)^2 - (d+l\,.\,\sin\varphi)^2}{\cos^2\varphi} = \frac{2\,d\,l\,(1-\sin\varphi)}{\cos^2\varphi} + l^2,$$

so sehen wir, dass sich dieser Integrant von demjenigen, den wir bei der Quadratur der Fläche ACFU erhielten, nur durch das Vorzeichen des Gliedes l^2 unterscheidet.

Es ergibt sich also:

Inhalt v. Fläche CA′VG — Inhalt v. Fläche ACFU $= l^2\varphi$ (77)

und ferner:

$$\text{Fläche } (CA'VG) = d\,.\,l\left\{1 - \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)\right\} + \frac{1}{2}\,l^2\,.\,\varphi$$

Gehen wir zur Grenze über und setzen $\varphi = \frac{\pi}{2}$, so wird:

$$F' = d.l + \frac{\pi l^2}{4}, \text{ d. h.:}$$

Der von der Erzeugenden E', der x-Axe und dem Kurvenast CG∞ eingeschlossene, unendlich lange Flächenstreifen hat ebenfalls einen endlichen Inhalt, und zwar ist derselbe gleich dem auf voriger Seite gezeichneten Rechteck OCLK vermehrt um den Kreissector CLA'.

Addieren wir die Inhalte aller 4 von den Erzeugenden und der Fokalen eingeschlossenen Flächenstücke, so ergibt sich, es ist:

$$S = 2F' + 2F = 4\,d.l; \ldots\ldots \text{(78) d. h.:}$$

Die Kreiscylinderfokale ($d > l$) schliesst mit ihren Asymptoten zwei unendlich lange Flächenstreifen ein, deren Summe gleich ist dem Inhalt eines Rechtecks von den Seiten 2d und 2l.

Subtrahieren wir diese beiden zwischen der Fokalen ($d > l$) und den beiden Cylinderzeugenden E und E' liegenden unendlich langen Flächenstreifen 2 F' und 2 F, so wird ihre Differenz:

$$D = 2F' - 2F = \pi . l^2; \ldots\ldots\ldots (78^a)$$

da diese Differenz von d unabhängig ist, so folgt der Satz:

Die Differenz der Flächeninhalte der beiden unendlich langen Streifen zwischen der Fokalen und den zugehörigen Asymptoten ist constant für alle Fokalen $d > l$ gleich dem Inhalt eines Kreises vom Radius des Cylinders und gleich dem Inhalt der entsprechenden unendlich langen Flächenstreifen der Fokalen $d = 0$.

Ist $d < l$, also O ein Knotenpunkt, so lautet die Polargleichung der Fokalen ebenfalls:

$$r = \frac{d \pm l . \sin\varphi}{\cos\varphi}$$

Die Tangenten im Doppelpunkt O haben die Richtungswinkel:

$$\sin\varphi = \mp \frac{d}{l},$$

$$\varphi = \mp \text{ arc sin } \frac{d}{l} = \mp \varphi_0$$

Für Werte von φ zwischen $-\varphi_0$ und $\frac{\pi}{2}$ stellt die Gleichung: $r = \frac{d + l \sin\varphi}{\cos\varphi}$ den rechts von O liegenden Teil des obern Astes (Fig. 9) dar, der Gleichung $r = \frac{d - l \sin\varphi}{\cos\varphi}$ aber entspricht der links von O gelegene Teil des obern Astes für φ zwischen $\frac{\pi}{2}$ und $\pi - \varphi_0$.

Es ist nun der Inhalt des Segmentes OLC, welches begrenzt wird von dem Kurvenbogen OLC und der x-Axe und welches gleich ist der Hälfte des Segmentes OLCKO, eingeschlossen von den beiden zwischen den Doppelpunkten O und C liegenden Kurvenbogen:

$$\frac{S}{2} = \frac{1}{2}\int_{-\varphi_0}^{0} r^2 \,.\, d\varphi = \frac{1}{2}\int_{-\varphi_0}^{0} \frac{(d + l\sin\varphi)^2}{\cos^2\varphi} \,.\, d\varphi$$

$$= \frac{d^2}{2}\int_{-\varphi_0}^{0} \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi} + d.l\int_{-\varphi_0}^{0} \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \,.\, d\varphi + \frac{l^2}{2}\int_{-\varphi_0}^{0} \operatorname{tg}^2\varphi_0 \,.\, d\varphi$$

$$= \left[\frac{1}{2}(d^2 + l^2) \,.\, \operatorname{tg}\varphi + \frac{d\,.\,l}{\cos\varphi} - \frac{l^2}{2}\varphi\right]_{-\varphi_0}^{0}.$$

Setzt man die Grenzen 0 und $-\varphi_0 = -\text{arc sin } \frac{d}{l}$, $\sin\varphi_0 = \frac{-d}{l}$ ein, so ergibt sich:

$$\frac{S}{2} = d\,.\,l - \frac{1}{2}(d^2 + l^2) \,.\, \frac{-d}{\sqrt{l^2 - d^2}} - \frac{d\,.\,l^2}{\sqrt{l^2 - d^2}} - \frac{l^2}{2} \,.\, \text{arc sin } \frac{d}{l}$$

$$= d.l - \frac{1}{2} \,.\, d\sqrt{l^2 - d^2} - \frac{l^2}{2} \,.\, \text{arc sin } \frac{d}{l}; \text{ also:}$$

$$S = 2\,d\,.\,l - d\sqrt{l^2 - d^2} - l^2 \,.\, \text{arc sin } \frac{d}{l} \quad \ldots\ldots \quad (79)$$

als Inhalt jenes doppelten Segmentes OLCKO;

Für $d = l$ geht dieses Doppelsegment in die Schleife der Strophoïde über, und es wird der Inhalt derselben aus obiger Formel, wie schon gefunden:

$$S_r = 2\,l^2 - l^2 \,.\, \frac{\pi}{2} = l^2 \,.\, \left(2 - \frac{\pi}{2}\right);$$

Für $d = 0$ verschwindet das Doppelsegment, da sich die beiden Kurvenäste in $O = C$ berühren, und damit übereinstimmend gibt Gleichung (79) den Wert: $S = 0$.

Der Inhalt des oberhalb der x-Axe liegenden und von dem Kurvenast M und dem Leitstrahl OG begrenzten Sectors OCMG wird:

$$\text{Fläche (OCMG)} = \frac{1}{2}\int_0^{\varphi} \frac{(d + l\sin\varphi)^2}{\cos^2\varphi}\,.\,d\varphi$$

$$= \left[\frac{1}{2}(d^2 + l^2)\,.\,\operatorname{tg}\varphi + \frac{d\,.\,l}{\cos\varphi} - \frac{l^2}{2}\,.\,\varphi\right]_0^{\varphi}$$

Die Grenzen eingesetzt, gibt:

$$\text{Fläche OCMG} = \frac{1}{2}(d^2 + l^2)\,.\,\operatorname{tg}\varphi + \frac{d\,.\,l}{\cos\varphi} - \frac{l^2}{2}\,\varphi - d\,.\,l\,. \quad (80)$$

Nun wird das zwischen der Kurve, der Erzeugenden E', der x-Axe und dem Leitstrahl GV liegende Flächenstück:

$$\text{Fläche CA'VGMC} = \text{Dreieck OA'V} - \text{Fläche OCMG}$$

$$= \frac{1}{2}(d + l)^2\,.\,\operatorname{tg}\varphi - \frac{1}{2}(d^2 + l^2)\operatorname{tg}\varphi - \frac{d\,.\,l}{\cos\varphi} + \frac{l^2}{2}\varphi + d\,.\,l$$

$$= d\,.\,l\,.\,\operatorname{tg}\varphi - \frac{d\,.\,l}{\cos\varphi} + \frac{l^2}{2}\,\varphi + d\,.\,l$$

$$= -d\,.\,l\left(\frac{1 - \sin\varphi}{\cos\varphi}\right) + \frac{l^2}{2}\,\varphi + d\,.\,l$$

$$= -d\,.\,l\,.\,\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) + d\,.\,l + l^2\,.\,\frac{\varphi}{2},$$

oder endlich:

$$\text{Fläche CA'VGM} = d\,.\,l + l^2\,.\,\frac{\varphi}{2} - d\,.\,l\,.\,\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad \ldots \quad (81)$$

Für $\varphi = \frac{\pi}{2}$ erhält man den unendlich langen Flächenstreifen oberhalb der x-Axe zwischen Kurve und Cylindererzeugenden E'; nämlich:

$$F = d\,.\,l + l^2\,.\,\frac{\pi}{4},$$

somit wird der Inhalt des ganzen Streifens, der sich nach beiden Seiten der Asymptote A' ins Unendliche erstreckt:

$$2F = 2\,d\,.\,l + l^2\,.\,\frac{\pi}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (82)$$

Dieselbe Formel haben wir früher auch erhalten für den entsprechenden unendlich langen Flächenstreifen der Fokalen $d > l$; es wächst also der Inhalt desselben proportional mit d, d. h., mit der Entfernung der Büschelkante vom Doppelpunkt C.

Für $\mathbf{d = l}$ (Strophoïde) wird: $2F = 2l^2 + l^2 \frac{\pi}{2} = l^2\left(2 + \frac{\pi}{2}\right)$

Für $\mathbf{d = 0}$ wird: $2F = l^2 . \frac{\pi}{2}$ welch letztere Gleichung übereinstimmt mit der früher gefundenen Gleichung 75.

Der Inhalt des links der y-Axe oberhalb der x-Axe gelegenen Sectors ONFO der Kurve wird:

$$\text{Sector (ONF)} = \frac{1}{2}\int_{\varphi_0}^{\varphi} r^2 . d\varphi = \frac{1}{2}\int_{\varphi_0}^{\varphi} \frac{(d - l\sin\varphi)^2}{\cos^2\varphi} . d\varphi$$

$$= \left[\frac{1}{2}(d^2 + l^2) . \operatorname{tg}\varphi - \frac{d . l}{\cos\varphi} - \frac{l^2}{2}\varphi\right]_{\varphi_0}^{\varphi};$$

Die Grenzen eingesetzt, erhalten wir:

$$\text{Sector (ONF)} = \frac{1}{2}(d^2 + l^2) . \operatorname{tg}\varphi - \frac{d . l}{\cos\varphi} - \frac{l^2}{2}\varphi + \frac{d}{2}\sqrt{l^2 - d^2} + \frac{l^2}{2}\arcsin\frac{d}{l} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (83)$$

Ferner wird der Inhalt des Flächenstreifens OAUF oberhalb der x-Axe zwischen der Kurve und der Erzeugenden E:

Fläche (OAUF) = Dreieck OAU — Sector ONF

$$= \frac{1}{2}(l - d)^2 . \operatorname{tg}\varphi - \frac{1}{2}(l^2 + d^2) . \operatorname{tg}\varphi + \frac{d . l}{\cos\varphi} + \frac{l^2}{2}\varphi - \frac{d}{2}\cdot\sqrt{l^2 - d^2} - \frac{l^2}{2}\arcsin\frac{d}{l}$$

$$= -l d . \operatorname{tg}\varphi + \frac{d . l}{\cos\varphi} + \frac{l^2}{2}\cdot\varphi - \frac{d}{2}\cdot\sqrt{l^2 - d^2} - \frac{l^2}{2}\arcsin\frac{d}{l}$$

oder

$$\text{Fläche OAUF} = l d . \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{l^2}{2}\cdot\varphi - \frac{d}{2}\sqrt{l^2 - d^2} - \frac{l^2}{2}\arcsin\frac{d}{l} \quad (84)$$

Für $\varphi = \frac{\pi}{2}$ erhält man den unendlich langen Flächenstreifen oberhalb der x-Axe zwischen Kurve und Asymptote A; es wird also:

$$F' = \frac{l^2 . \pi}{4} - \frac{d}{2}\sqrt{l^2 - d^2} - \frac{l^2}{2} \arcsin \frac{d}{l},$$

somit der Inhalt des ganzen Streifens, der sich nach beiden Seiten der Asymptote A zwischen dieser und der Kurve ins Unendliche erstreckt:

$$2 F' = l^2 . \frac{\pi}{2} - d . \sqrt{l^2 - d^2} - l^2 . \arcsin \frac{d}{l}, \quad \ldots \quad (85)$$

welcher Ausdruck sich leicht geometrisch darstellen lässt.

Für $d = l$ wird $2 F' = 0$ und

Für $d = 0$ » $2 F' = l^2 . \frac{\pi}{2}$, wie schon gefunden.

Aus den Gleichungen (79), (82) und (85) folgt ferner:

$$S + 2 F - 2 F' = 4 d.l \ldots\ldots\ldots (86)$$

d. h.: Das zwischen den Doppelpunkten O und C liegende Doppelsegment vermehrt um den unendlich langen Flächenstreifen längs der Erzeugenden E und vermindert um den unendlich langen Flächenstreifen längs der Erzeugenden E' hat gleichen Inhalt mit einem Rechteck von den Seiten 2l und 2d und ist gleich der Summe der beiden unendlich langen Flächenstreifen 2F' und 2F der Fokalen $d > l$ (Gleichung 78).

Ferner folgt aus den auf voriger Seite citirten Gleichungen:

$$2 F + 2 F' - S = l^2 \pi \ldots\ldots\ldots (87)$$

d. h.: Die Summe der beiden zwischen den Asymptoten und den entsprechenden Kurvenästen liegenden unendlich langen Flächenstreifen vermindert um das zwischen den Doppelpunkten O und C gelegene Doppelsegment der Fokalen $d < l$ ist constant für alle Fokalen des Systems ($d < l$) gleich dem Inhalt des Kreises mit Radius l und gleich der Summe der beiden unendlich langen Flächenstreifen, welche die Fokale $d = 0$ mit den Asymptoten einschliesst.

Statt von der Fokalen $d < l$ auf die Quadratur der Strophoïde ($d = l$) überzugehen (pag. 146), können wir auch die früher gefundenen Flächengleichungen der Kurve $d > l$ anwenden auf diesen

Specialfall. Es gibt uns dann dieses so gefundene Resultat eine Kontrolle für die Richtigkeit obiger Sätze.

Wenden wir also die früher gefundenen Flächengleichungen (76) an auf den Specialfall (d = l); (Strophoïde), so wird: (Fig. 8.)

$$\text{Sector: } ACF = l^2 \cdot \left\{1 - \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{1}{2}\varphi\right)\right\} - \frac{1}{2} l^2 \varphi$$

$$\text{Fläche: } CA'VG = l^2 \cdot \left\{1 - \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)\right\} + \frac{1}{2} l^2 \varphi$$

und diese Resultate lassen sich analog den frühern konstruiren. (Fig. 8.)

Für $\varphi = 90^0$, wird:

$$\text{Halbe Schleifenfläche: } ACFA = l^2 - \frac{\pi l^2}{4},$$

$$\text{Streifen } F = l^2 + \frac{\pi l^2}{4},$$

daher:

$$\text{Ganze Schleife} + \text{Streifen } F = 4\, l^2; \quad \ldots\ldots \quad (88)$$

d. h.: Die Summe der Inhalte von Schleife und unendlich langem Flächenstreifen, der von der Strophoïde und der Cylindererzeugenden E (Asymptote) eingeschlossen wird, ist gleich dem Quadrat über dem Durchmesser des Cylinders.*)

Mit Ausnahme der Strophoïde führt die Rektifikation unserer Kurven auf elliptische Integrale, und wir erhalten deshalb hier keine einfachen Beziehungen.

Schlussbemerkung.

Über die Fokalen des elliptischen Cylinders, sowie über den allgemeinen Fall $d \gtrless l$ und die Specialkurve $d = 0$ des Kreiscylinders habe ich mit Ausnahme einer jüngst erschienenen Arbeit von Herrn Prof. Huber über «Die Kegelfokalen» in der vorhandenen Litteratur nichts finden können. Dagegen die Strophoïde (specielle Kreiscylinderfokale $d = l$) ist in zahlreichen Arbeiten behandelt worden, und es dürfte daher der Umstand, dass diese letztere ein Specialfall einer Klasse von Kurven ist, welche in vielen Eigenschaften mit ihr über-

*) S. Günther hat in seiner schon früher erwähnten Schrift über «Die logocyklische Kurve» diese Beziehung mit Hülfe von hyperbolischen Funktionen gefunden.

einstimmen, einiges Interesse bieten. Ob vielleicht die hier behandelten Cylinderfokalen für die Weiterentwicklung der Bessel'schen Funktionen von Wert sind, das muss die Untersuchung lehren. Eigentümlich ist immerhin, dass bei einigen Integralformen dieser Funktionen Wege in Betracht kommen, welche Ähnlichkeit haben mit den hier behandelten Fokalen des Cylinders.

Von der über die Strophoïde vorhandenen Litteratur sind neben der bereits in der Arbeit angeführten Schriften noch folgende zu nennen:

1. H. Durège. Über die Kurve 3. Ordnung, welche den geometrischen Ort der Brennpunkte einer Kegelschnittschar bildet. Clebsch Annal. V 83—95.
2. St. Gervais. Etude géometrique sur la unoïde et de la strophoïde. Mathesis X 9—14.
3. W. W. Johnson. The strophoïds, Sylv. Ann. J. III. 320—355.
4. E. Barnes. A note on the strophoïds; J. Hopkins circ. II. 145,
5. P. Mansion. Longueur de la boucle de la logocyclique ou strophoïde. Mathesis, VI. 108—110.
6. C. Moser. Über Gebilde, welche durch Fixation einer sphärischen Kurve und Fortbewegung des Projektionscentrums entstehen; Inaugural-Dissertation, vorgelegt der phil. Fakultät Bern, 1887.

Weitere Litteraturangabe siehe: S. Günther, Parabolische Logarithmen und parabolische Trigonometrie, Seite 58.

Bern, 20. Juni 1893.

Mit Vergnügen benutze ich die hier sich bietende Gelegenheit, um dem Direktor des physikalischen Instituts, Herrn Prof. Dr. Forster, ebenso wie den Herren Prof. Dr. Huber, Prof. Dr. Graf, Prof. Dr. Sidler und Privatdocent Dr. Moser meinen herzlichsten Dank für das mir während meiner Studienzeit stets entgegengebrachte Wohlwollen auszusprechen.

E. Baumberger.

Über die geologischen Verhältnisse

am linken Ufer des Bielersees.

Orographischer Überblick.

Das Hauptgewölbe zwischen dem Thal des Bielersees (438 m über Meer) und dem St. Immerthal (St. Immer 800 m) ist der Chasseral (1609 m). Südlich sind demselben drei kleinere Falten vorgelagert: der Spitzenberg (1350 m), die Seekette (Twannberg 874 m, Studmatten 1080 m) und das kleine Kapfgewölbe (670 m). Der Spitzenberg beginnt bei Nods, erreicht schnell eine bedeutende Höhe und verflacht sich östlich in das Thälchen von Orvin (700 m). Die Seekette zieht sich dem See entlang und verliert sich bei Grenchen. Dieser Falte gehören an die Twannbachschlucht und die Taubenlochschlucht. Das kleine Kapfgewölbe beginnt bei Twann, nähert sich in einem spitzen Winkel der Seekette, um sich oberhalb Alfermée mit derselben zu vereinigen. Zwischen dem Kapfgewölbe und der Seekette liegt das fruchtbare Thälchen von Gaicht (650). Von hier gelangt man durch das enge, steile Crosthälchen in das Rebgelände von Twann. Im Engpass des Jorat treten Seekette und Spitzenberg sehr nahe zusammen. Das Plateau von Diesse (800 m) und östlicher das Thälchen von Orvin, welche durch den Jorat mit einander in Kommunikation stehen, trennen die Seekette vom Spitzenberg und Chasseral.

Orientierung über die geologischen Stufen des Gebietes.

Die auf dem Rücken und an den Flügeln der früher genannten Gewölbe zu Tage tretenden Gesteine sind hellgefärbte Kalke der jüngsten Jurastufen. An den Flanken der zwei südlichen Falten, also am Kapfgewölbe und der Seekette, finden wir die Kreide entwickelt. Dem ganzen See entlang fällt die obere Grenze der Rebenkultur fast

überall zusammen mit der Scheidelinie zwischen Jura- und Kreidegestein. Durch die untere Süsswassermolasse, welche zwischen Tüscherz und Wingreis sich über der Kreide findet, sind auch die Bildungen der Tertiärzeit repräsentiert. In einer späteren Epoche hat der Rhonegletscher das ganze Gebiet der zwei südlichen Gewölbe reichlich mit Geschiebematerial bedacht. Ein theoretisches Profil bietet folgende Formationen:

I. Alluvium
II. Diluvium
III. Molasse
IV. Kreide { *Cenomanien* / *Hauterivien* / *Valangien*
V. Purbeck
VI. Oberer Jura *(Portlandien und Kimméridgien).*

Wir finden also recente, glaciale, tertiäre, cretaceische und jurassische Bildungen. Da in der vorliegenden kleinen Arbeit hauptsächlich Kreide und Purbeck berücksichtigt werden, so folgt nur über diese zwei Stufen ein allgemeiner Überblick. Die übrigen Formationen fallen nur insoweit in Betracht, als es sich um Mitteilung von einigen lokalen Beobachtungen handelt.

Bemerkungen über alluviale Bildungen.

1) Dazu gehören die sog. Strandböden, welche den untersten Teil des Rebgebietes bilden und ein Aufschwemmungsprodukt des Sees darstellen. Die Erde ist sehr fruchtbar infolge der Anhäufung organischen Materials. Während die Dörfer Alfermée und Tüscherz auf solide Kreidefelsen gebaut sind, ruhen Twann, Bipschal und Liegerz auf angeschwemmtem Boden von unbekannter Mächtigkeit und variabler Komposition. Ohne Zweifel ist derselbe den Schichtenköpfen der steil gegen den See fallenden Neocomsedimente aufgelagert.

Auf der Nordseite der obern Häuserreihe in Twann gibt es mehrere Sodbrunnen bis zu einer Tiefe von 10—12 m. Man hat eckige Kalkblöcke und Kies, in eine graue, kalkreiche Masse eingebettet, ausgehoben bis in genannte Tiefe, ohne die felsige Unterlage zu erreichen. Es sind dies offenbar Schuttanhäufungen, deren Material den höher gelegenen, durch die Verwitterung stark in Angriff genommenen Partien der Juragewölbe entstammt. Klein-Twann ruht ohne

Zweifel auf einem alten Geschiebekegel, dessen Material aus der Erosionsrinne des Twannbachs dem See zugeführt und das infolge eingetretener Senkung des Seeniveaus trocken gelegt worden ist. Der mittlere Teil des Dorfes (sog. Moos) ruht auf torfigem Untergrunde, in welchem, nach verschiedenen Mitteilungen, bei Erdarbeiten Artefakten, Knochen und Überreste einer Pfahlbaustation zum Vorschein kamen. Bei Bipschal finden sich bis auf eine Tiefe von 2 m abwechslungsweise Sand- und Kieslager.

2) In die Kategorie der recenten Bildungen gehören die Tropfstein- uud Tuffgebilde der Twannbachschlucht. Erstere finden sich im Hohliloch ob Twann, im Wasserhohliloch am Eingang zur Schlucht und hier noch in mehreren Höhlen und Kammern, in denen beständig kohlensäurehaltiges Wasser, das den Kalkstein in Solution enthält, niederträufelt. In der Schlucht sind längst vom Wasser verlassene Galerien im Portlandkalk von tuffartigem Material ausgefüllt; leicht erkennt man darin ein Schwemmprodukt, das sich in der Hauptsache als kalkreichen Gletscherlehm, aus dem Moränenschutt des Dessenberges stammend, erweisen dürfte. Dieses Füllungsmaterial lieferte die Hälfte einer *Fimbria*, die der Bach dem Nordflügel der Kreide entführt.

3) In der tiefsten Partie der Dessenbergmulde hat die Stagnation des Oberflächenwassers die Bildung eines Torfmoores veranlasst. Die wasserundurchlässige Schicht ist ein grauer Gletscherlehm, der hie und da Gneiss- und Granitblöcke (Mont Blanc-Granit) enthält. Die Bildung dieser Unterlage ist jedenfalls durch das Ausschlämmen des auch an den Thalseiten mächtigen Moränenmaterials zu erklären. Das Torfmoor ist ein Wasserreservoir, das in seinem östlichen Teile den Twannbach speist.

Glaciale Ablagerungen.

Das Material, das der Rhonegletscher bei seinem letzten Vorrücken und Abschmelzen zurückliess, wird als neoglaciale (jungglaciale) Bildung bezeichnet. Das Gebiet, in dem diese Ablagerungen sich vorfinden, heisst Gebiet oder Zone der inneren Moränen. Nach Du Pasquier[1] hat der östliche Arm des Rhonegletschers bei dem letzten Vorrücken die erste Jurakette nicht überstiegen. Die innere Moränenzone ist in unserem Gebiet nach Norden begrenzt durch den Chasseral.

Bezeichnend für die jungglacialen Ablagerungen sind die Mont Blanc-Granite, die Eklogite, die Euphotide, die Diorite, Serpentine (Rollier[2], Mat. Pag. 161).

Der Rhonegletscher hat an der Zubereitung der Oberflächenschicht wesentlich Anteil genommen. Wo das Gletschermaterial nicht eine mächtige Decke bildet, wie in der Mulde von Diesse und Orvin und im Gaichterthälchen, hat es sich wenigstens in hohem Maasse mit dem Untergrund gemischt. So treffen wir im Rebberg die Hauterivemergel in Mischung mit dem fruchtbaren Gletscherschutt. Auf dem Gewölberücken und an den steilen Flanken sind Gletscherlehm und feineres Geschiebematerial verschwunden; wir finden nur noch grössere Geschiebe und Blöcke (Findlinge); im Rebgebiet haben dieselben zum Bau von Rebmauern Verwendung gefunden, so dass man mancherorts in denselben eine ganze Serie alpiner Gesteine findet und studieren kann. Aber auch mancher schöne erratische Block der Waldzone ist verschwunden und zu Fundamentquadern oder Treppenstufen verarbeitet worden. Unter die Massengesteine mischen sich hie und da auch interessante alpine Sedimente. Aus der Gegend ob Twann stammt ein Stück Karbonschiefer mit Farnabdrücken; bei Lignières fand sich ein Gaultblock mit Ammoniten und Bivalven. Nicht selten sind Bergkrystalle, die aber ohne Ausnahme mehr oder weniger zerdrückt und zertrümmert worden sind. Die alpinen Gesteine unserer neoglacialen Ablagerungen treten als eckige Blöcke, mehr aber noch in der Form von Geschieben auf. Auf dem Dessenberg und im Thälchen von Orvin mischt sich unter die alpinen Gesteine reichlich jurassisches Material, an einzelnen Stellen in solchem Maasse, dass die Jurakalke vorherrschen. Kleine Blöcke mit Nerineen *(Kimméridgien). (Nerinea suprajurensis. Landeron)*, dann verschiedene Fossilien der obern Jurastufen *(Natica athleta, Rhynchonella corallina)* sind mit dem Gletschermaterial aus westlichen Gebieten hieher transportiert worden. Auf dem Nordflügel der Seekette kann man deutlich beobachten, dass das neoglaciale Moränenmaterial verschwemmt worden ist. An mehreren Stellen zeigt sich eine allerdings unregelmässige Schichtung: es wechseln Geschiebezonen mit Schmitzen von sandigem Lehm. Bei Prêles und Les Esserts (hinter dem Twannberg) werden Aufschlüsse in diesem Terrain ausgebeutet, um Sand und Kies zu gewinnen.

1) *Tüscherz.* Auf dem kleinen Plateau oberhalb des Dorfes ist die Purbeck-Depression mit Gletschermaterial ausgefüllt; in der Nähe des Friedhofes hat man Sand und Kies ausgebeutet; unter der etwa

1 m mächtigen Oberflächenschicht, in welcher gar keine Geschiebe auftreten, folgen dicke Sandschmitzen, welche durch dünne Kiesbänke geschieden werden. Die Tiefe der Grube beträgt 3 m. Etwas westlicher, in der obern Partie des Purbeckaufschlusses, findet sich ein Querschnitt durch dieses Terrain (vide Purbeckprofil). Mit den eckigen Blöcken (Mont Blanc-Granit) mischen sich auch Geschiebe (Gabbro, Quarzite). Es treten auch Sandschmitzen auf. Um die Karte nicht mit Details zu überladen, ist diese Ablagerung nicht eingezeichnet worden.

2) *Tüscherzberg* (Gaichterboden). Das hier auf dem obern Portlandien ruhende Gletschermaterial ist ausgezeichnet durch zahlreiche erratische Blöcke. Grössere Findlinge sind zwischen dem oben erwähnten Plateau, am Wege gegen den Tüscherzberg.

3) *Gaicht.* Der einzige Aufschluss der Gaichtermulde ist oberhalb des Dorfes, an der Strasse gegen den Twannberg. In dem gelblichen Gletscherlehm finden sich vorherrschend eckige Blöcke (Gneiss, Mont Blanc-Granit). Einzelne Geschiebe sind stark geritzt. Wenig jurassisches Material. Hier finden sich: Quarzit (Fettquarz), Mont Blanc-Granit, Gneisse, Serpentin, Amphibolite, Gabbro, Alpenkalk, Konglomerate, seltener Euphotide und Eklogite. Höher gelegen, an derselben Strasse (Franzen Ried), ist noch ein Überrest der glacialen Ablagerungen; es seien von dieser Lokalität speciell erwähnt: typischer, grüner Schiefer und Actinolithschiefer. Die Gaichtermulde ist ausserordentlich fruchtbar.

4) *Plateau von Diesse.* Die Schichten der Jura- und Kreidesedimente des Nordflügels der Seekette zeigen ein sehr schwaches Fallen nach Norden (10°); darum ist hier die Quartärdecke bis fast auf den Rücken des Gewölbes erhalten geblieben. Zwischen dem engen Thälchen des Jorat und dem Dorfe Prêles sind alle ältern Bildungen (Kreide, event. Molasse) darunter verborgen. Bei den Mühlen von Lamboing einzig ist der Quartär- und Kreidemantel durch die erodierende Thätigkeit des Twannbachs quer durchsägt worden. Etwas westlich von Prêles, an der Strasse nach Lignières, treffen wir einen Aufschluss in den glacialen Ablagerungen, in welchem Sand und Kies gewonnen werden. Die Lagerung des Materials, sowie die Zusammensetzung stimmen überein mit den Anschnitten auf Les Esserts hinter dem Twannberg. Hier treten neben den vorherrschenden jurassischen Geschieben auf: Granit, Gneiss, Serpentine, Gabbros, Amphibolite, Quarzite, Euphotide, Eklogite, alpine Kalke und Konglomerate.

5) Sobald sich das enge Thälchen des Jorat erweitert in das liebliche Gelände von Orvin, treffen wir wieder eine mächtige Decke von Gletschermaterial, die auf Kreide, vielleicht sogar auf Molasse ruhen dürfte. Vom Hügel mit Punkt 836 zieht sich eine Depression bis nach dem Dorfe Orvin, begrenzt südlich vom Portlandien der Seekette, nördlich von einem moränenartigen Hügelzug, der in der Hauptsache aus jurassischen Geschieben und Gletscherlehm zu bestehen scheint. Jedenfalls ist diese Depression durch Erosion im abgelagerten Gletschermaterial entstanden. Durch Ausschlämmen des Moränen-Materials zu beiden Seiten hat sich in der Depression eine dicke, wasserundurchlässige Schicht von Gletscherlehm gebildet, infolge deren das ganze Terrain sumpfig geworden ist. Im Sommer und Herbst 1893 hat die Gemeinde Orvin eine Wasserleitung erstellen lassen; die Kanäle von $1^1/_2$ m Tiefe beginnen bei la Vauchée und ziehen sich durch die genannte Schicht von Gletscherlehm mitten durch die Depression. Der graue Gletscherlehm enthält neben jurassischen Kalkgeschieben spärlich auftretende Granitblöcke. Die Grenze zwischen dem Portlandien des Nordflügels der Seekette und dem Erratikum ist sehr scharf. Die alpinen Geschiebe sind identisch mit denen auf dem Plateau von Diesse.

Zum Schlusse folge eine Zusammenstellung der erratischen Blöcke unseres Gebietes. Viele derselben nennt der Volksmund «graue Steine», da sie gewöhnlich eine reichliche Flechtenvegetation aufweisen, die in ihrer Gesamtheit den Blockflächen ein graues, düsteres Aussehen verleiht. Viele Blöcke bieten als erratische Pflanzen ein hübsches Moos *Hedwigia ciliata* Hedw. und eine prächtige Flechte *Rhizocarpon geographicum* Kbr.:

1) Blöcke in der Twannbachschlucht:
   1. Montblanc-Granite
   2. Arollagneis
   3. Quarzit
   4. Chloritisches Gestein mit Magneteisenerz

   } vide Twannbachschlucht
2) Block bei den Mühlen von Lamboing. Montblanc-Granit; Inhalt ca. 90 m^3. Eigentum des Bernermuseums.
3) Granitblock zwischen dem Gaichtersträsschen und Crosweg.
4) Der «hohle Stein» ob dem Brüggli bei Tüscherz. Montblanc-Granit. Eigentum des Bernermuseums.

   Kleinere Blöcke auf dem Picardsacker, sowie auf dem Rücken der Trämelfluh.

5) Zwei grössere Blöcke aus Montblanc-Granit (als graue Steine bekannt) im Junkernholz, nordwestlich von Tüscherz.
6) Zahlreiche kleinere Blöcke (Montblanc-Granit, Gneiss) auf dem Tüscherzberg und dem kleinen Plateau ob Tüscherz. (Block aus Montblanc-Granit beim Scheibenstand 4,5 m l., 3 m h. und 2,6 m br.)
7) Ein grosser Block aus Montblanc-Granit in den Reben nordöstlich vom Gottstatterhaus (Längistein).
8) Zu beiden Seiten des Weges, der von Vingelz zum Nidauberg ansteigt, finden sich in der Waldzone eine Menge von Blöcken, meist Montblanc-Granit (beachtenswert namentlich eine grosse Granittafel in der Nähe der Strassenbiegung).

Beobachtungen über die Molasse.

In den Brüggli- und Roggetenreben zwischen Wingreis und Tüscherz tritt über der Strasse bei tieferem Rigolen (tiefem Umgraben) ein sehr glimmerreicher, grauer, wenig widerstandsfähiger Sandstein auf. Im Brüggli, wo offenbar die untersten Schichten-Lagen zum Vorschein kommen, ist das Material rötlich angehaucht. Die Spaltungsflächen weisen eine Menge von rostroten Blattabdrücken auf, die aber nicht bestimmt werden können. Hie und da treffen wir Thonknöllchen von schmutzig-bläulicher Färbung. Interessant ist das Auftreten von Knollen, deren Kruste ganz mit Eisen imprägniert ist und die einen Hohlraum aufweisen. Diese Erscheinung erinnert an die sog. Klappersteine. Es war nicht möglich, die Mächtigkeit der Molasse zu bestimmen und über die stratigraphischen Verhältnisse sichern Aufschluss zu erhalten. Zwischen den genannten Molasseaufschlüssen treten das Hauterivien und das Valangien zu Tage; berücksichtigen wir das Fallen und die Niveauverhältnisse dieser Schichten, so dürfte sich als wahrscheinlich herausstellen:

1) dass die Molasse infolge präglacialer Erosion bis auf Überreste von unbedeutender Mächtigkeit verschwunden ist,

2) dass die Molasse direkt auf dem Hauterivien ruht und auf demselben discordant auflagert,

3) dass, falls zwischen Molasse und Hauterivien noch das Cénomanien sich finden sollte, dasselbe sehr schwach entwickelt oder vor Ablagerung der Molasse zum grossen Teil abgetragen worden ist.

Die zwischen Wingreis und Tüscherz untersuchten Aufschlüsse gehören nach einer Mitteilung von H. Rollier, der die ihm zugesandten Handstücke zu prüfen die Güte hatte, der sog. Blättermolasse (*Molasse alsacienne; molasse d'Aarwangen*) an.

Der genannte Autor fügt hinzu: «Ce sont les premiers dépôts provenant des Alpes dans le Jura. Cette molasse s'étend à travers tout le Jura bernois, jusqu'à Mulhouse et plus loin. On la reconnaît à ses grandes paillettes de mica blanc, et la présence de feuilles et débris flottés est générale.» (Vergleiche: Rollier, Etude stratigraphique sur les terrains tertiaires du Jura bernois, partie septentrionale 1893.)

Auch aus den Reben nördlich vom Dorfe Twann und westlich von Chavannes sind kleine Molasseüberreste bekannt geworden. Es ist anzunehmen, dass miocene Bildungen auch auf dem Dessenberg und im Gaichterthälchen existieren, aber von einer bedeutenden Quartärdecke überlagert werden. Immerhin mögen dieselben vor der Bedeckung durch die glacialen Bildungen in ihrer vertikalen Ausdehnung stark reduziert worden sein.

Der einzige bis jetzt bekannte Molasseaufschluss auf dem Dessenberg findet sich am Eingang in das enge Tälchen des Jorat, zwischen dem Gehöfte La Praize und der Ziegelhütte. Unter einer Thonschicht, die an verschiedenen Punkten zur Fabrikation von Ziegeln ausgebeutet wird, treten stark sandige Mergel auf mit Molasseblöcken, die an der Luft ausserordentlich hart werden. Die Molasse enthält, wie die von Tüscherz, viele Thonknollen und stellenweise auch grosse Glimmerblättchen. Blattabdrücke konnten keine beobachtet werden. Es dürfte diese Molasse ebenfalls dem Horizonte der Molasse alsacienne angehören. Unmittelbar südlich der Ziegelhütte ist sie von einem mächtigen Walle von Schuttmaterial bedeckt. (Vide Blatt VII der geolog. Karte, ferner Rollier, Mat. Pag. 157.)

In der Nähe der Poudeille (Wissenrain), zwischen Neuenstadt und Chavannes, ist die Molasse alsacienne am Ufer des Sees durch Ch. Hisely beobachtet worden (vide Greppin, Mat. Pag. 247). Offenbar ruht der ganze Hügel zwischen Strasse und Seekette, welcher aus Gletschermaterial besteht, auf diesem Sandstein.

Über die Cenomanstufe.

In einem kompleten stratigraphischen Profil der Kreideformation folgt die Cenomanstufe auf diejenigen Sedimente, die als Gault oder

Albien (mittlere Kreide) bezeichnet werden. Die Untersuchung der zwischen Neuenburg und Biel bisher bekannten Cenomanaufschlüsse macht wahrscheinlich, dass diese Schichten auf verschiedenen Gliedern der untern Kreide, sogar auf dem obern Jura aufruhen können. Die Gaultstufe konnte in obengenanntem Gebiete nirgends nachgewiesen werden. Das Cénomanien ist konstatiert worden:

1) In Souaillon bei St. Blaise,
2) beim Schloss in Cressier,
3) in den Reben ob der Strasse auf der Strecke zwischen Cressier und Combes,
4) im «Ried» ob Biel.

Es ist wahrscheinlich, dass die Cenomanbildungen an den 3 erstgenannten Punkten dem Urgonien, im Ried dem Purbeck oder Portlandien auflagern. (Gilliéron [4] pag. 110; Rollier [9] pag. 132.)

Es ist mir gelungen, am Franzosenweg ob Alfermée einen neuen Aufschluss dieser Stufe von 4—5 m Mächtigkeit aufzufinden. Es erscheinen die charakteristischen rosafarben angehauchten Kalke neben gelblichem bis weissem Gestein und rötlich bis violett gefärbten Mergeln und Mergelkalken. In den Mergeln treten sehr harte Kalkkonkretionen auf. In den Kalken fanden sich *Inoceramus Cuvieri d'Orb, Terebratula biplicata Sow.* und Fragmente einer Pectenspecies; die Mergel scheinen steril zu sein; in der Schutthalde südlich vom Franzosenweg wurden Ammonitenfragmente mit stark hervortretenden Rippen gesammelt.

Es ruht hier das Cénomanien ohne Zweifel auf dem untern Valangien; letzteres tritt am Wege zu beiden Seiten des Aufschlusses zu Tage. Es kann leider nicht untersucht werden, ob discordante Lagerung vorliegt.

Ohne Zweifel war das ganze Gebiet einmal von den Sedimenten des Cenomanmeeres bedeckt; es dürften auch an andern Punkten unter der Molasse oder direkt unter dem Erratikum Überreste dieser Stufe existieren. Gilliéron[4]) erwähnt pag. 112 Ammonitenfunde aus der Umgebung von Twann und schliesst daraus auf die Gegenwart der Cenomanstufe. Ich habe im Rebgebiet der genannten Ortschaft trotz genauen Nachforschungen weder Fragmente des charakteristischen Gesteins, noch Sedimente an Ort und Stelle auffinden können. Im Quartär von Tüscherz fand sich *Inoceramus Cuvieri d'Orb* und östlich von Wingreis ebenfalls in den Gletscherablagerungen ein abgeschliffener

Am. Mantelli Sow. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese seltenen Formen aus westlichen Gebieten stammen und mit dem Gletschermaterial hieher transportiert worden sind.

Die untere Kreide oder Neocomgruppe.

Die Neocomgruppe umfasst drei Stufen: Urgonien, Hauterivien und Valangien. Die mittlere Kreide (Gault, Albien) fehlt im Gebiete unserer Karte. Das Cénomanien, ein Glied der obern Kreide, konnte nur an einer einzigen Stelle nachgewiesen werden. Das Urgonien ist in unserem Gebiet nicht entwickelt.

Stufen			Petrographischer Charakter	Leitfossilien	Lokalitäten
Untere Kreide oder Neocomgruppe	Urgonien	Oberes Urg.	Helle, meist kompakte Kalke. Oft mit Asphalt imprägniert	Kaprotinenkalk (Requienia Ammonia)	La Presta im Val de Travers
		Unteres Urg. (Urg. jaune)	Gelbliche, mergelige, oolitische Kalke.	Rhynch. lata, irregularis; Terebr. Essertensis; Heteraster Couloni, Goniopygus peltatus. Pseudocidaris clunifera, Cidaris Lardyi.	
	Hauterivien	Oberes Haut. Pierre de Neuchâtel (Haut. calcaire)	Pierre de Neuchâtel	Eudesia semistriata Eudesia Marcoui	Hauterive Cressier Landeron
		Mergelzone Unteres Haut. (Haut. marneux)	Gelbliche Mergelkalke Gelbe und graue Mergel (Letztere mit Kalkkonkretionen)	Am. Astieri, radiatus, Leopoldi Terebr. acuta; Rhynch. multiformis. Nautilus neocomiensis Pleurotomaria; Panopæa; Astarte; Arca; Toxaster compl.; Pseudodiadema. Serpula heliciformis	Cressier Landeron
	Valangien	Oberes Val.	Limonit; Calc. roux	Am. Thurmanni; Pterocera Desori; Pleurot. Blancheti; Thracia Nicoleti. Terebr. Carteroni. Spongien	Landeron
		Unteres Val.	Kompakte, gut geschichtete Kalke oder Marbre bâtard; an der Basis: Alternierende Kalk- und Mergelschichten	Pterocera Jaccardi; Natica Pidanceti u. Leviathan. Nerinæa. Toxaster granosus; Terebr. valdensis	Tüscherz Laube bei Alfermée Bipschal
Purbeckien			Graue Mergel und Mergelkalke	Süsswasserformen Planorbis; Physa, Bythinia	Tüscherz Vingelz

Von der untern Kreide (Neocomgruppe) finden wir östlich von Landeron nur noch *Valangien* und *Hauterivien* entwickelt. Mit Ausnahme des untern Valangien treten in unserer Gegend die Kreidebildungen nicht mehr als zusammenhängende Decke auf; es ist im Gegenteil eine weitgehende Zerstückelung der einzelnen Glieder zu beobachten. Diese ist eine Folge der starken Erosion, welcher unser

Gebiet, nachdem es Festland geworden, ausgesetzt war. Die nivellierende Thätigkeit des Wassers wurde erheblich gefördert durch das starke Fallen der Schichtenkomplexe; wo die Neigung der Schichten eine geringere ist, wie z. B. bei Landeron, da finden wir auch die Mergel und die darüber liegenden Kalke erhalten. An einigen Stellen mit stark fallenden Schichten hat das Wasser sogar sämtliche Kreidebildungen abgetragen, so dass die Dolomies portlandiennes bis in die Nähe des Sees zu Tage treten. Dies ist der Fall ob der Brunnmühle bei Ligerz, westlich von Tüscherz, zwischen Tüscherz und Alfermée, zwischen Biel und Vingelz (Pavillon).

Durch die intensive Erosion mussten auch die orographischen Verhältnisse stark beeinflusst werden. Die Hauterivemergel und Purbeckmergel erscheinen in Depressionen oder Comben; die solideren Kalke des untern Valangien und obern Hauterivien bilden Wälle oder auch Gräte. Während westlich von Landeron (z. B. in Hauterive) diese orographischen Erscheinungen in ausgezeichneter Weise zum Ausdruck kommen, sind sie im östlichen Gebiet infolge der starken Erosion zum Teil verwischt worden.

Die oben erwähnte Zerstückelung der einzelnen Kreideglieder, die mancherorts so wenig scharf hervortretende orographische Gliederung erschweren wesentlich die Untersuchung des Gebietes. Dazu gesellen sich noch zwei andere Umstände. Trotz der intensiven Wasserwirkung findet sich im ganzen Gebiet kein Punkt, der in einem Querprofil die ganze Serie der Kreideschichten mit den Übergängen von einer Stufe zur andern aufweist. Es wäre interessant und instruktiv, ein vollständiges stratigraphisches Profil zu besitzen aus einer Gegend, in welcher die Kreidebildungen die Ostgrenze ihrer Entwicklung erreichen. Ferner ist fast das ganze Gebiet der Kreide mit Reben bepflanzt; der Rebberg ist für geologische Untersuchungen aber nur zugänglich im Frühling und Herbst, wenn die Rigolarbeiten ausgeführt werden.

I. Hauterivien.

In dieser Stufe können unterschieden werden:

Petrogr. Gliederung	I. Pierre jaune de Neuchâtel	Oberes Hauterivien	Paläontolog. Gliederung
	II. Mergelkalke	Unteres Hauterivien (Hauterivemergel)	
	III. eine Mergelzone		

1) Als Pierre de Neuchâtel werden die braungelben, spatreichen, mehr oder weniger oolithischen Kalke bezeichnet, die sich nach unten

an das Urgonien (Urg. jaune) anschliessen. In Hauterive werden dieselben als geschätzte Bausteine ausgebeutet. Die Stadt Neuenburg ist zum grossen Teil aus diesem Material gebaut und erhält dadurch ein eigenartiges Gepräge. Aber auch bis in die Dörfer dem Bielersee entlang haben die Hauterivesteine schon in alter Zeit ihren Weg gefunden, zu einer Zeit, da die guten Verkehrsstrassen noch nicht existierten, der Transport des Materials einzig per Schiff möglich war (Kirchen in Ligerz und Twann, Fenstereinfassungen der alten Gebäude in Twann etc.). Interessant ist das Auftreten von Kieselknollen *(rognons siliceux)* in gewissen Partien der genannten Kalke (westlich vom Bahnhof in Neuenburg, Hauterive). Dem Bielersee entlang finden sich nur noch die untersten Schichten des Pierre de Neuchâtel.

2) Es folgen unter denselben hellgelbe, wenig widerstandsfähige Mergelkalke *(Calc. marneux)*. In Landeron und unter der Besitzung Bellvue bei Cressier sind gute Beobachtungspunkte für diesen Horizont. Am Wege von Cressier nach Combes sehen wir:

Mergelkalkzone:
1) Pierre de Neuchâtel mit *Eudesia semistriata Def.*,
2) hellgelbe Mergelkalke mit *Toxaster complanatus Ag.*,
3) gelbe Mergel mit Hauterivefossilien,
4) Mergelkalke mit *Toxaster complanatus Ag.*,
5) gelbe Mergel mit zahlreichen Fossilien,
6) grau-bläuliche Hauterive-Mergel mit den charakteristischen Petrefakten.

Dem Bielersee entlang ist der Mergelkalk einzig zu sehen im Brüggli bei Tüscherz.

Die nun folgende Mergelzone (Hauterive-Mergel) hat bei Landeron eine Mächtigkeit von 12 m. Die untere Partie, welche die Hauptmasse darstellt, ist von grauer bis bläulicher Farbe. Oben folgen gelbe Mergel. Die grauen Mergel sind ausgezeichnet durch eine massenhafte Anhäufung von Kalkkonkretionen. In der Cros ob Twann und am Waldrand zwischen Alfermée und Vingelz ruhen die gelben Mergel direkt auf dem Limonit. Zwischen Twann und Wingreis kommen bei tiefem Rigolen auch die grauen Mergel mit den Konkretionen zum Vorschein.

Die Hauterive-Mergel haben von jeher durch ihren Reichtum an Fossilien die Aufmerksamkeit der Sammler auf sich gezogen. Leider sind die Mehrzahl der Petrefakten blosse Steinkerne, die oft eine genaue Bestimmung sehr erschweren (namentlich Acephalen). *Rhynchonella multiformis* Römer und *Terebratula acuta Quenst.* erscheinen an

einzelnen Punkten so massenhaft, dass man füglich von einer *Brachiopodenbreccie* sprechen dürfte. Als charakteristische Formen seien unter den Cephalopoden genannt: *Belemnites latus Blainv., Nautilus neocomiensis d'Orb, Ammonites radiatus* Brug., *Leopoldi d'Orb, Astieri d'Orb.* Unter den Gasteropoden ist es das *Genus Pleurotomaria,* das in mehreren schönen Formen auftritt: *Pl. Pailleti d'Orb; Bourgueti de Lor.; neocomiensis d'Orb, saleviana de Lor.* Am zahlreichsten in Gattungen und Arten erscheinen die Acephalen; es seien erwähnt: *Alectryonia rectangularis Röm.* und *Exogyra Couloni d'Orb*; *Trigonia carinata Ag., Arca Gabrielis* und *securis d'Orb, Astarte Beaumonti Leym.; Panopaea neocomiensis d'Orb; Fimbria corrugata P.* et *C., Cyprina Deshayesi de Lor.* In *Holaster intermedius Ag.. Toxaster complanatus, Ag., Holectypus macropygus Desor, Pseudodiadema rotulare Ag.* haben wir charakteristische Vertreter der Echinodermata. Überall verbreitet treffen wir die *Serpula heliciformis Röm.* Paläontologisch stimmen die Mergelkalke mit der Mergelzone überein. *Toxaster complanatus Ag.* und *Panopaea neocomiensis d'Orb.* scheinen in unserer Gegend den Horizont der Mergelkalke nicht zu überschreiten. Die Hauterive-Mergel und die darüber liegenden Mergelkalke bilden das untere Hauterivien (*Hauterivien marneux de Jaccard*[3]; Haut. II et I de Schardt[10]).

Im obern Hauterivien (*Haut. calcaire de Jaccard*[3]; Haut. III de Schardt[10]) treten die Fossilien im allgemeinen weniger zahlreich auf. Charakteristisch sind *Eudesia semistriata Defr.* und *Marcoui d'Orb,* die sowohl in den Kalken, als besonders in den Mergeln dieses Horizontes sich finden. Aus einem untern Niveau des Pierre de Neuchâtel von Landeron ist durch Loriol und Gilliéron[4] eine Fauna bekannt geworden, die in einzelnen Repräsentanten an das untere Urgonien erinnert. Die genannten Autoren haben aus paläontologischen Rücksichten die Stufe des Pierre de Neuchâtel dieses Gebietes vom Hauterivien abgetrennt und dem Urgonien jaune zugewiesen. Unter allen Fossilien, die mir in unserer Gegend aus den über den Mergelkalken liegenden Schichten bekannt geworden sind, findet sich keine Form, die für das untere Urgonien sprechen könnte. Es ist das Urgonien längs des Bielersees nicht mehr vorhanden.

3) In orographischer Beziehung ist die Hauterivestufe in unserer Gegend ohne Bedeutung, da der Pierre de Neuchâtel bis auf wenige, unbedeutende Überreste verschwunden ist. Anderorts finden wir die Hauterivemergel in Depressionen und Comben, und der Pierre de Neuchâtel bildet mehr oder weniger ausgesprochene Wälle oder Gräte.

(Hauterive, ferner ob Cressier, wo in einer Combe die grauen Mergel anstehen.)

1) *Gebiet westlich der Twannbachschlucht.* Die im Rebgebiet gefundenen Fossilien dürften kleinen Überresten der Hauterivemergel entstammen, die unter der reichlich mit Gletschermaterial vermischten Oberflächenschicht versteckt sind. Aufschlüsse sind keine vorhanden. Wären die Petrefakten nicht so gut erhalten, so dürfte sich das Vorkommen auch durch den Transport mit Gletscherschutt erklären. Es wurden gesammelt:

Rhynchonella multiformis Röm.
Terebratula acuta Quenst.
Waldheima pseudojurensis Leym.
Pleurotomaria Bourgueti de Lor.
Venus Dupini d'Orb.
Venus Robinaldi d'Orb.
Venus Galdryna d'Orb.
Cyprina bernensis Leym.
Pecten Robinaldi d'Orb.

In Bezug auf Chavannes schreibt Gilliéron[4] pag. 112: «Les creusages faits pour la construction d'une maison ont mis à jour la base de la Pierre de Neuchâtel ainsi que le calcaire néocomien proprement dit.»

2) *Haslen und Cros ob Twann.* An erstgenannter Stelle führt die Dessenbergstrasse durch das untere Valangien; zwischen «Burgweg» und Strasse sind auch Limonit und Hauterivemergel zu beobachten. Letztere haben geliefert:

Fimbria corrugata P. et C.
Cyprina Deshayesi de Lor.
Pholadomya Gillieroni P. et C.
Exogyra Couloni d'Orb.
Toxaster complanatus Ag.
Pyrina incisa d'Orb.

Die Reben ob dem Dorfe Twann gedeihen auf den Mergeln und Mergelkalken der untern Hauterivestufe, und es dürften die alluvialen Bildungen, auf denen das Dorf erbaut ist, auf den Schichtenköpfen des obern Hauterivien ruhen.

In der Cros finden sich gelbe Hauterivemergel direkt über dem Limonit. Sie sind etwas blättrig und enthalten Knollen aus härterem, grau gefärbtem Material.

Die Aufschlüsse lieferten:

Odontaspis gracilis Ag.
Am. radiatus Brug.
Am. Leopoldi d'Orb.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Rhynchonella multiformis Römer.
Terebratula acuta Quenst.
Terebratula salevensis de Lor.
Waldheimia pseudojurensis Leym.
Pleurotomaria Bourgueti de Lor.
Cardium Cottaldi d'Orb.
Arca Gabrielis d'Orb.
Arca securis d'Orb.

Panopaea neocomiensis d'Orb.
Venus Dupini d'Orb.
Janira neocomiensis d'Orb.
Pecten Cottaldi d'Orb.
Exogyra Couloni d'Orb.
Alectryonia Boussingaulti d'Orb.
Toxaster complanatus Ag.
Pyrina incisa d'Orb.
Echinobrissus subquadratus Ag.
Serpula heliciformis Roem.

3) *Zone zwischen Twann und Wingreis* (Frauenkopf, Gaucheten etc.) Mit den Hüttenreben am Eingang ins Crosthälchen beginnend, umgürten die Hauterivemergel den Fuss des Kapfgewölbes (nördl. und südl. vom Gauchetenfussweg) bis Wingreis. Nach den Hackarbeiten hebt sich das hellgelbe Band der Mergel besonders schön ab von dem weiter oben sich hinziehenden des *Limonites* mit rostgelber Färbung. Die Oberflächenschicht besteht aus einer Mischung der gelben Mergel mit Gletscherschutt (zahlreiche alpine Geschiebe). Tiefer finden sich die typischen Hauterivemergel, reich an Fossilien. An mehreren Stellen erscheinen die grau-bläulichen Mergel, die im allgemeinen weniger Petrefakten führen. Die Mergelkalke sind nirgends aufgeschlossen. In diesem Gebiete wurde folgende reiche Ausbeute gemacht:

Odontaspis gracilis Ag.
Am. radiatus Brug.
Am. Astieri d'Orb.
Am. castellanensis d'Orb.
Am. Leopoldi d'Orb.
Am. cultratus (Fragm.) sehr selten.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Belemnites latus Blainv.
Belemnites bipartitus Blainv.
Rhynchonella multiformis Röm.
Terebr. acuta Quenst.
Terebr. salevensis de Lor.
Waldheimia pseudojurensis Leym.
Pleurotomaria Pailleti d'Orb.
Pleurotomaria Bourgueti de Lor.
» » *saleviana de Lor.*
» » *neocomiensis d'Orb.*
» » *Greppini P. et C.*
Columbellina maxima de Lor.
Scalaria cruciana P. et C.
Turbo spec.
Alectryonia Minos Coq.
Arca Carteroni d'Orb.
Astarte Beaumonti Leym.
Astarte transversa Leym.
Pholadomya Gillieroni P. et C.
Panopaea neocomiensis d'Orb.
Panopaea Carteroni d'Orb.
Avicula Carteroni d'Orb.
Fimbria corrugata P. et C.
Cyprina Deshayesi de Lor.
Cyprina bernensis Leym.
Cardium subhillanum Leym.
Card. Cottaldi d'Orb.
Cardium Voltzi Leym.
Venus Dupini d'Orb.
Venus sub Brongniarti Leym.
Venus Robinaldi d'Orb.
» *Galdryna d'Orb.*
» *Vendoperi d'Orb.*
» *Thurmanni de Lor.*
» *Escheri de Lor.*
Mytilus Carteroni d'Orb.
Mytilus spec.

Alectryonia rectangularis Römer
Exogyra Couloni d'Orb.
Janira atava d'Orb.
Janira neocomiensis d'Orb.
Pecten Cottaldi d'Orb.
Trigonia caudata Ag.
Trigonia scapha Ag.
» » *carinata Ag.*
» » *longa Ag.*
Arca securis d'Orb.
» *Gabrielis d'Orb.*
Pinna spec.
Toxaster complanatus Ag.
Diaster ovulum Desor
Holaster intermedius Ag.
Holectypus macropygus Desor
Pseudodiadema Bourgueti Desor
» » *rotulare Ag.*
Cidaris muricata Röm.
Galeolaria neocomiensis de Lor.
Serpula antiquata Sow.
Serpula heliciformis Röm.

Pierre de Neuchâtel. An der Strasse, östl. vom Schulhaus in Twann, finden sich über einer Mergelschicht dünnplattige, braungelbe, spatreiche, mehr oder weniger oolithische Kalke mit zahlreichen Bryozoën. In den untersten Schichten bemerkt man Fragmente einer kleinen Auster, wahrscheinlich *Alectryonia tuberculifera Koch et Dunk.* In einem höhern Niveau führt der Kalk zahlreiche Fossilien, die aber schwer herauszuarbeiten sind. Es konnten bestimmt werden:

Pycnodus cylindricus Pict.
Neritopsis Meriani de Lor.
Eudesia semistriata Defr.
Cardium subhillanum Leym.
Alectryonia rectangularis Röm.
Astarte numismalis d'Orb.
Pecten Cottaldi d'Orb.
Reptomulticava micropora Röm.
Koralle

Zu beiden Seiten des «Dornwegli» zwischen Twann und Wingreis wird bei Rigolarbeiten der typische Pierre de Neuchâtel aufgedeckt. Der Strasse entlang findet sich in den Reben die für das obere Hauterivien charakterische *Terebratula semistriata Defr.* Der Pierre de Neuchâtel bildet im Rebberg längs der Strasse eine kontinuierliche Zone.

4) *Brüggli bei Tüscherz.* Hier finden wir in einem Überrest von unbedeutender Ausdehnung

I. Pierre de Neuchâtel
II. Mergelkalke
III. Hauterivemergel.

Das untere Hauterivien lieferte

Am. Leopoldi d'Orb. III.
Nautilus neocomiensis d'Orb. III.
Terebratula salevensis de Lor. III.
Trigonia caudata Ag. II.
» » *longa Ag. III.*
Arca Gabrielis d'Orb. III.

Terebr. acuta Queust. III.
Rhynchonella multiformis Röm.
Natica spec. III.
Pleurotomaria Bourgueti de Lor. III. und II.
Pleurotomaria saleviana de Lor. III.
Exogyra Couloni d'Orb. III.
Astarte transversa Leym. III.
Panopaea neocom. d'Orb. III. II.
Venus Dupini d'Orb. III.
Toxaster complanatus Ag. III. II.
Holectypus macropygus Desor III.
Pseudodiadema rotulare Ag. III.
Serpula heliciformis Röm. III.

Aus dem Pierre de Neuchâtel konnten bestimmt werden:

Pecten Cottaldi d'Orb.
Cardium peregrinum d'Orb.
Astarte numismalis d'Orb.
Astarte Marcoui P. et C.
Alectryonia tuberculifera Koch et Dunk.
Terebratula spec.
Reptomulticava micropora Röm.

5) *Waldrand ob dem Vogelsang.* Über dem *Calc. roux* des obern Valangien können dem Waldrand entlang kleine Fetzen gelber Mergel konstatiert werden, welche die charakteristischen Hauteriveversteinerungen führen. Es wurden gesammelt (Brünnlireben):

Ammonites radiatus Brug.
Am. Astieri d'Orb.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Rhynchonella multiformis Röm.
Terebratula acuta Quenst.
Cyprina Deshayesi de Lor.
Venus Galdryna d'Orb.
Pecten Carteroni d'Orb.
Exogyra Couloni d'Orb.
Holaster intermedius Ag.
Toxaster complanatus Ag.
Serpula heliciformis Röm.

II. Valangien.

Die Schichten, die unter dem Namen *Valangien* zusammengefasst werden, repräsentieren die ältesten Niederschläge des Kreidemeeres. Petrographisch und paläontologisch lassen sich dieselben in zwei Abteilungen unterbringen.

A. Oberes Valangien (Limonit und Calcaire roux).

Die hieher gehörenden Kalke sind regelmässig geschichtet *(Landeron)*, mehr oder weniger oolithisch, von rostroter Färbung *(Calc. roux.)* und infolge der unbedeutenden Härte leicht zu bearbeiten. An vielen Punkten ändert sich der petrographische Habitus; das Gestein schliesst eine Menge kleiner linsenförmiger bis unregelmässig gerundeter Eisenkörner ein. Diese petrogr. Abänderung heisst Limonit. Im südl. Jura beginnt das obere Valangien mit einer fossilreichen Mergelschicht *(Marnes d'Arzier; Jaccard*[8]*; Schardt*[10]*)*; in Landeron ist dieser Horizont durch ein 70 cm. mächtiges Band aus grauen Mergeln repräsentiert mit *Rhynchonella valangiensis de Lor., Natica Sautieri*

Coq. u. Pidanceti P. et C. und Cardium Verveceum de Lor. Auf der Kapfplatte bei Twann findet sich über den hellen, stellenweise rosafarbig angehauchten Bänken des untern Valangien ein rostroter, körniger Mergelkalk, dessen Übergang in den typ. *Calc. roux* unter der Kulturschicht des anstossenden Rebberges versteckt ist. Von den hier gesammelten Fossilien konnten sicher bestimmt werden: *Tylostoma fallax P. et C. Pholadomya Sanctae Crucis, P. et C., Pholadomya elongata Münst., Terebratula Carteroni d'Orb.* Alle andern Aufschlüsse dem See entlang bieten für ein detaillierteres Studium der stratigraphischen Verhältnisse keine Anhaltspunkte. Die Fauna des *Calc. roux* hat ein ganz anderes Gepräge als die der Hauteriveperiode; sie entlehnt verhältnismässig wenige Formen dem untern Valangien und leiht wenige dem Hauterivien. Interessant ist die Beobachtung, dass an einzelnen Lokalitäten bestimmte Geschlechter sich zu einer Kolonie zusammenschliessen; an einem Orte sind ausschliesslich Brachiopoden, am andern Acephalen. So finden wir in Landeron fast nur Terebrateln, im Brüggli bei Tüscherz ausschliesslich Acephalen. Als charakteristisch können gelten *Ammonites Thurmanni, Pygurus rostratus, Terebratula Carteroni, Terebrirostra neocomiensis, Pterocera Desori, Natica helvetica, Thracia Nicoleti.* Interessant ist die reiche Entwicklung der *Echiniden*, der *Spongien* und *Bryozoën*. Auf der Nordflanke der Seekette (Dessenberg und *Val d'Orvin*) fehlen die Aufschlüsse, und dem See entlang sind *Calc. roux* und *Limonit* nur noch in kleinern Überresten vorhanden.

1) *Haslen ob Twann.* Westlich der Twannbachschlucht ruht der Rebberg auf dem untern Valangien. Es ist indes möglich, dass hie und da noch unbedeutende Fetzen des *Calc. roux* sich erhalten haben, aber unter der Kulturschicht verborgen sind. Aus dem Ligerzrebberg stammen Pecten *Robinaldi d'Orb., Lima dubisiensis P. et C.* Östlich der Twannbachschlucht finden wir unter der Dessenbergstrasse (Haslen) den *Calc. roux* und *Limonit* mit

Ammonites Thurmanni P. et C. in Fragmenten
Terebratula Carteroni d'Orb.
Terebratula valdensis de Lor.
Aporrhais valangiensis P. et C.
Astarte Marcoui P. et C.
Lima dubisiensis P. et C.
Pygurus rostratus Ag.

2) *Crosthälchen.* Der Limonit steht an in der obern Partie des Thälchens (C) und am Gaichtersträsschen (G), bevor man auf das Feld

hinaustritt. An letztgenannter Stelle ist eine schwache Überschiebung des marbre bâtard über den Limonit zu konstatieren. Die Aufschlüsse sind unbedeutend; die Kreide verschwindet unter den glacialen Ablagerungen. Die Fossilien finden sich ziemlich zahlreich; es wurden gesammelt:

Polyptychodon? G.
Strophodus spec. G.
Pycnodus cylindricus P. et C. G.
Ammonites Thurmanni P. et C. G.
Rhynchonella valangiensis de Lor. G.
Terebratella neocomiensis d'Orb. G.
Terebrirostra neocomiensis d'Orb.G.
Terebratula valdensis de Lor. G.
Terebratula Carteroni d'Orb. G.
Waldheimia collinaria d'Orb. G. C.
Waldheimia Aubersonensis P. et C. G.
Waldheimia Moreana d'Orb. G.
Pterocera Desori P. et C. G.
Natica Sautieri Coq. G.
Aporrhais valangiensis P. et C. G.
Columbellina neocomiensis P. et C. G.
Cardium spec. G.
Pholadomya elongata Münst. G.
Astarte valangiensis P. et C. G.
Thracia Nicoleti d'Orb. C. G.
Trigonia Sanctae Crucis P. et C. G.
Mytilus spec. G.
Lima dubisiensis P. et C. G.
Toxaster spec. G.
Pyrina incisa d'Orb. G.
Cidaris pretiosa Des. C. G.
Cidaris muricata Röm. G.
Galeolaria neocomiensis de Lor. G.
Zahlreiche Spongien G.
Bryocoën G.

Gillieron[4] erwähnt noch aus der Cros:

Rhynchonella valangiensis de Lor.
Terebratula Villersensis de Lor.
Columbellina brevis P. et C.
Trigonia scapha Ag.
Arca Villersensis P. et C.
Pyrina incisa d'Orb.
Magnosia Lens Desor.

Im Museum in Biel finden sich aus dem Limonit der *Cros Pygurus rostratus Ag.* und *Pygurus* Buchi Des., von Hisely gesammelt (Rollier[9] Pag. 122.)

3) *Kapf.* Auf der Südflanke des Kapfgewölbes finden wir das obere Valangien entwickelt bis nach Wingreis. Wenn im Frühjahr und Herbst die Rigolarbeiten besorgt sind. so lässt sich das rotgelbe, eisenhaltige Terrain als schmales Band (obere Gaucheten) unterhalb der steil fallenden Schichten des untern Valangien (Lachengrätchen) sehr gut von der Strasse aus verfolgen. Jederzeit zugänglich sind die Aufschlüsse auf der sog. Kapfplatte (Übergang des untern zum obern Valangien) und ferner in dem tiefen Graben etwas unter genannter Lokalität, rechts am Kapfweg. Zwischen Wingreis und Twann wurden in der Limonitzone gesammelt:

Pycnodus Couloni Ag.
Pycnodus cylindricus Ag.
Gyrodus spec.
Strophodus spec.
Am. Thurmanni P. et C.
Terebrirostra neocomiensis d'Orb.
Rhynchonella valangiensis de Lor.
Terebr. Carteroni d'Orb.
Waldheimia collinaria d'Orb.
Waldheimia Aubersonensis P. et C.
Pleurotomaria Blancheti P. et C.
Natica helvetica P. et C.
Natica Sautieri Coq.
Natica praelonga Desh.
Pterocera Desori P. et C.
Tylostoma fallax P. et C.
Nerinea Marcoui d'Orb.
Cerithium Aubersonense P. et C.
Fusus spec.
Thracia Nicoleti d'Orb.
Thracia vulvaria d'Orb.
Thracia Robinaldi d'Orb.
Cyprina Marcoui de Lor.
Pholadomya elongata Münst.
Pholad. valangiensis P. et C.
Pholad. Sanctae Crucis P. et C.
Lima dubisiensis P. et C.
Janira valangiensis P. et C.
Pygurus rostratus Ag.
Toxaster Ricordeaui Cott.
Acrosalenia patella Desor
Cidaris pretiosa Desor
Cidaris muricata Römer
Pentacrinus neocomiensis Desor
Antedon infracretaceus Oost.
Elasmostoma spec.
Discaelia glomerata Fromentel
Cupulochonia spec.
Nonionina Jaccardi de Lor. *)

4) *Brüggli. westlich von Tüscherz.* Der unbedeutende Limonitfetzen dieser Lokalität ist durch das Vorherrschen der Acephalen ausgezeichnet.

Lima dubisiensis P. et C.
Trigonia Sanctae-Crucis P. et C.
Astarte Marcoui P. et C.
Astarte Germani P. et C.
Lucina vermicularis P. et C.
Cardium Germani P. et C.
Monopleura spec.
Pterocera Desori P. et C.
Terebratula Carteroni d'Orb.
Strophodus spec.

5) *Alfermée-Vingelz.* Bis zum Waldrand ruht der grösste Teil des Rebberges auf dem obern Valangien. Am sog. «Längischleipf» ob dem Gottstatterhaus wurden gesammelt:

Waldheimia Aubersonensis P. et C.
Terebratella neocomiensis d'Orb.
Terebratula Villersensis de Lor.
Terebr. valdensis de Lor.
Terebrirostra neocomiensis d'Orb.
Natica helvetica P. et C.
Pyrina pygaea Desor

*) Anmerkung: Diese hübsche Foraminiferen-Species mit einem mittleren Durchmesser von 3 mm. und einer Dicke von 1¾ mm. ist sehr häufig im Limonit der Gaucheten. Sie ist von Hrn. Prof. Jaccard im Purbeck von Villers-le-Lac gefunden und von Herrn P. de Loriol beschrieben worden. Vide Litteraturverzeichnis No. 5.

Der Scheibenstand ob Vingelz ist auf Limonit gebaut.

B. Unteres Valangien.

1) *Petrographie und Technologie.* In dieser Unterstufe können zwei petrographische Horizonte unterschieden werden. Über dem Purbeck finden wir zuerst eine Serie alternierender Kalk- und Mergelschichten, die namentlich westlich von Tüscherz gut beobachtet werden können *(vide Purbeckprofil Tafel I).* Die Mergellager sind wenig mächtig, spielen überhaupt in der Zusammensetzung des untern Valangien eine wenig hervorragende Rolle. Sie sind meist von grauer Färbung, stellenweise oolithisch und geschichtet (blättrig). Sie erinnern mancherorts in ihrem Habitus an einzelne Purbeckschichten (Laube bei Alfermée). Die gelblichen Kalke varieren in Härte und Struktur; es gibt Übergänge von mergeligen, oolithischen, leicht verwitterbaren Kalken bis zu solchen aus sehr solidem, feinkörnigem Material. Auf diesen Horizont folgen in bedeutender Mächtigkeit gut geschichtete, compakte Kalkbänke (Bipschal) von heller bis gelblicher Färbung, oft auch etwas rosafarben angehaucht (Kapfplatte ob Twann). Das ist der Horizont des marbre bâtard *(calc. compacte),* welcher einen geschätzten Baustein, fast ausschliesslich das Material zu den Mauern im Rebberg liefert. Die Böschungsmauern des Hagneckkanals sind zum grössten Teil aus Steinen aufgeführt, die den Brüchen am linken Seeufer entstammen.

2) *Paläontologie.* Es sind hauptsächlich die Mergel gegen die Basis der Stufe, welche uns über die damalige Tierwelt Aufschluss geben. Im marbre bâtard sind die Fossilien wenig zahlreich und schwer herauszuarbeiten; es sind in diesem Horizont kleine Mergeleinlagerungen, welche gut erhaltene Repräsentanten liefern, die nämlichen, welche im untern Horizont auftreten. Die Gasteropoden beherrschten die damalige Schöpfung des Meeres. Einzelne Geschlechter liefern ausgezeichnete Leiter: *Natica Leviathan P. et C., N. Pidanceti P. et C., Nerinea Etalloni P. et C., Pterocera Jaccardi P. et C.* Letztere Species erscheint westlich von Tüscherz in der untersten Kalkbank des Valangien, bei der Laube (Alfermée) und beim Gottstatterhaus in einem höhern Niveau, bei Bipschal in dem knolligen Mergelkalk direkt unter dem marbre bâtard, bei Prêles in Mergellagern des zweiten petrographischen Horizontes. Ebenso verhält sich *Natica Leviathan in Bezug* auf die vertikale Verbreitung. Unter den Brachiopoden ist zahlreich vertreten *Terebratula valdensis de Lor;* unter den zahlreichen Echiniden seien genannt *Toxaster granosus d'Orb.* und

Phyllobrissus Duboisi Desor. Ammoniten und Belemniten, sowie die Acephalen spielen eine untergeordnete Rolle.

3) *Orographie.* Die kompakten Kalke des untern Valangien haben der Verwitterung siegreich getrotzt und bilden daher einen Wall oder Grat, der von den aufsteigenden Wänden des obern Jura gewöhnlich durch eine Purbeckcombe getrennt ist. Eine derartige orographische Erscheinung ist das Lachengrätchen über den Reben zwischen Wingreis und Twann, durch die Lachencombe von der Kreuzfluh (Portlandien) geschieden. Zwischen Crosthälchen und M. Bijoux bildet der marbre bâtard einen ähnlichen Grat. Anderorts, wo das Purbeck nicht zu einer Depression erodiert werden konnte, scheint das untere Valangien auf die hellen Kalke der Portlandstufe aufgeklebt. So sind die Verhältnisse oberhalb Twann und östlich vom sog. Bruch bei Wingreis. Von Tüscherz bis Vingelz, ferner zwischen Kleintwann und Ligerz ist das untere Valangien auf dem Niveau der Strasse zu beobachten (Aufschlüsse zum grossen Teil durch die Strassen- und Eisenbahnanlage entstanden). Bei Bipschal dürfte die Mächtigkeit des marbre bâtard noch 11—18 m betragen.

Das untere Valangien besitzt von allen Kreidebildungen die grösste horizontale Ausdehnung. Auf dem Nordflügel der Seekette kann einzig diese Unterstufe beobachtet werden. Bei Biel erreicht die Kreide die Ostgrenze ihrer Entwicklung; östlich vom Goldberg bei Vingelz sind nur noch zwei unbedeutende Überreste des untern Valangien als letzte Zeugen des früheren Kreidemantels nachgewiesen.

1) *Goldberg bei Vingelz.* Bei der Handelsgärtnerei Krebs finden wir die Purbeckschichten aufgeschlossen. Sie sind etwas westlicher von den rostroten, mehr oder weniger oolithischen Kalken und Mergeln des untern Valangien überlagert (vide Profil Pag. 178). Die untersten grauen Mergel können leicht mit gewissen Purbeckschichten verwechselt werden. In der untersten Kalkbank fand sich *Pseudomelania Gresslyi P. et C.*, etwas höher *Astarte gigantea Leym.* und in den mergeligen Kalken *Toxaster granosus d'Orb.* und *Terebratula valdensis de Lor.* Unmittelbar westlich vom Fussweg zu den Goldbergreben lieferte der Mergelkalk *Natica Pidanceti, Pterocera Jaccardi, eine Tylostoma spec.*, unbestimmbare Acephalen und *Toxaster granosus.* Letztere Species ist ziemlich häufig in der Goldbergsteingrube. Gilliéron [4] erwähnt von Vingelz Pag. 119 noch folgende Species:

Nerinea Marcoui d'Orb.	*Trigonia caudata Ag.*
Nerinea funifera P. et C.	*Arca Raulini d'Orb.*
Tylostoma naticoide P. et C.	*Pygurus Gillieroni Desor.*

Natica praelonga Desh.
Aporrhais valangiensis P. et C.
Aporrhais Sanctae Crucis P. et C.
Strombus Etalloni P. et C.
Panopaea cylindrica P. et C.
Pholadomya elongata Münst.
Pholadomya Sanctae Crucis P. et C.
Cardium Gillieroni P. et C.
Phyllobrissus Duboisi Desor
Phyllob. Renaudi Desor
Holectypus macropygus Desor
Pseudodiadema rotulare Ag.
Cyphosoma nobile Cott.
Salenia folium-querci Desor
Acrosalenia patella Desor
Goniopygus decoratus Desor

2) *Gottstatterhaus.* Zwischen Gottstatterhaus und Bahnübergang ist eine der besten Fundstellen für Petrefakten des untern Valangien. Der Mergelkalk unter dem marbre bâtard liefert:

Terebratula valdensis de Lor. häufig.
Waldheimia pseudojurensis Leym. (forme valangienne) häufig.
Natica Leviathan P. et C.
» *valdensis P. et C.*
» *Sautieri Coq.*
» *Pidanceti P. et C.*
Pterocera Jaccardi P. et C.
Alaria spec.
Nerineenfragmente
Tylostoma Laharpi P. et C.
Aporrhais Sanctae Crucis P. et C.
Trigonia caudata Ag.
Pholadomya Gillieroni P. et C.
Psammobia valangiensis P. et C.
Janira valangiensis P. et C.
Ostrea bellaquensis Coq.
Pecten Sanctae Crucis P. et C.
Pecten arzierensis de Lor.
Monopleura corniculum P. et C.
Toxaster granosus d'Orb. häufig.
Phyllobrissus Duboisi Des.
Goniopygus decoratus Des.
Holectypus macropygus Des.
Acrosalenia patella Des.
Pygurus Gillieroni Des.
Cyphosoma nobile Cott.

3) *Alfermée.* Wenige Schritte östlich der Wirtschaft Laube sind an der Strasse die untern Mergel des Valangien blossgelegt. Wir finden 1—1½ m gelbe, oolithische Mergel (Seeigelfragmente und Terebr. valdensis de Lor. einschliessend) und darunter graue, blättrige Mergel, in welchen namentlich Pterocera Jaccardi P. et C. zahlreich auftritt. Terebrateln und die so charakteristischen Echiniden sind sehr selten.

Diese Lokalität bietet:

Pterocera Jaccardi P. et C. (ziemlich häufig und in schönen Exemplaren).
Natica Leviathan P. et C.
Natica valdensis P. et C.
Natica Etalloni P. et C.
Aporrhais valangiensis P. et C.
Aporrhais Etalloni P. et C.
Tylostoma Laharpi P. et C.
Pseudomelania Gresslyi P. et C.
Nerineenfragmente
Trigonia caudata Ag.
Astarte gigantea P. et C.
Pecten arzierensis de Loriol.
Toxaster granosus d'Orb. } je 1 Exempl.
Pygurus Gillieroni Des. }

Zwischen Nidauberg und Stiermatt finden wir das untere Valangien noch in einer Höhe von ca. 680 m (Lignières 803 m). Am Wege, der die genannten Lokalitäten verbindet, ferner an der Strassenbiegung oberhalb Wartenbrunnen steht der marbre bâtard an. Am Franzosenweg findet sich die petrographische Abänderung desselben, die von Gilliéron[4] Pag. 118 mit folgenden Worten beschrieben wird: «Calcaire jaune-clair, tendre, très fissuré et renfermant de petites oolithes.» Von Alfermée verläuft die Grenze des untern Valangien nordwärts zur Biegung der Nidaubergstrasse; links vom «Loschtweg» findet sich an der Waldgrenze ganz isoliert ein kleiner Kreidefetzen.

4. *Tüscherz.* Unteres Valangien und Purbeck bilden nach einer kleinen Unterbrechung westlich von Alfermée der Strasse entlang ein schmales Plateau. Westlich von Tüscherz bietet eine Stelle den schönsten Überblick über die alternierenden Mergel- und Kalkschichten, die auf das Purbeck nach oben folgen (vide Purbeckprofil Tafel I). In Mergeleinlagerungen der untersten Kalkbank fanden sich: *Pterocera Jaccardi* P. et C., *Terebratula valdensis* de Loriol und *Acephalen.* Unmittelbar östlich vom Schulhaus in Tüscherz kamen durch die Arbeiten für die Anlage eines Rebberges zum Vorschein: *Natica Leviathan P. et C., Natica Sautieri Coq.* und *Natica laevigata Desh.*

5. *Wingreis, Kapf, Crosthälchen.* Das untere Valangien (marbre bâtard) ist nördlich der Brüggli- und Roggetenreben entwickelt und ist bei Wingreis von den Trümmern eines alten Bergsturzes bedeckt. Westlich vom sog. Bruch beginnt das schon früher genannte Lachengrätchen; in der Lachencombe haben graue Mergel mit Konkretionen geliefert:

Terebratula valdensis de Lor.
Natica Leviathan P. et C.
Natica Pidanceti P. et C.
Natica valdensis P. et C.
Nerineenfragmente.
Monopleura corniculum P. et C.
Toxaster granosus d'Orb.

Auf der Kapfplatte wird der marbre bâtard (selten finden sich Gasteropoden) ausgebeutet. Mit der Hüttenfluh westlich vom Kapfgebäude beginnt ein Grätchen, dessen Schichten steil zum Crosthälchen fallen. In einer Mergelschicht mit Kalkkonkretionen wurden gesammelt: *Aporrhais valangiensis* P. et C. und *Natica Sautieri Coq.*

6. *Twann.* Die Felswand über den «Roset-Reben», über welche die Dessenbergstrasse sich hinzieht bis zum Kanzel, besteht aus unterem Valangien, dessen Schichten steil gegen den See fallen (vide Kanzelprofil Tafel I). Interessant ist ein Valangienblock (Ankenballe)

ob Kleintwann, der durch die Erosion von der Felswand abgetrennt wurde. Die Häuser zu beiden Seiten des Baches auf der Nordseite der Strasse stehen auf unterem Valangien; östlich vom Stand von Twann tritt der marbre bâtard über die Strasse. An mehreren Punkten längs der Strasse können im Mergelkalk Fossilien beachtet werden: *Terebratula valdensis de Lor. Nerineen, Requienia Jaccardi P. et C.* Auf eine kurze Strecke kann der marbre bâtard längs der Gaichterstrasse verfolgt werden. Wie man das Gaichterfeld erreicht, breitet sich die Quartärdecke darüber aus.

7) *Bipschal, Ligerz.* Zwischen Kleintwann und der Brunnmühle, ferner zwischen Bipschal und Ligerz beachten wir an der Strasse den marbre bâtard. Unter demselben tritt bei der «Hohen Fluh» ein knolliger Mergelkalk zu Tage, der dem untern Horizont angehört. Die zahlreichen Fossilien, — besonders treten die Nerineen hervor — sind fast ohne Ausnahme schlecht erhalten. Es konnten bestimmt werden:

Nerinea Etalloni P. et C.
Pterocera Jaccardi P. et C.
Natica Pidanceti P. et C.
Natica Sautieri Coq.
Tylostoma naticoide P. et C.
Actaeonina spec.
Cardium Cotteaui d'Orb.
Cardium Gillieroni P. et C.
Ostrea (Fragmente).

Im marbre bâtard fand sich *Pygurus Gillieroni* Desor. Westlich von genanntem Aufschluss sehen wir über dem marbre bâtard eine 1—1½ dm dicke Schicht aus gelblichen Mergeln mit fucoidenähnlichen Konkretionen; darauf ruht in einer Mächtigkeit von 8 dm ein knolliger Mergelkalk mit sehr holperiger, ausgewaschener Oberfläche. In demselben wurden gesammelt:

Aporrhais valangiensis P. et C. (sehr schön erhalten, mit Flügel)
Natica Sautieri Coq.
Natica Leviathan P. et C.
Turritella Jaccardi P. et C.
Nerinea Etalloni P. et C.
» *valdensis P. et C.*
» *Blancheti P. et C.*
Montlivaultia spec.

Beim Bau der Strasse Ligerz-Schernelz (1874) und bei den Arbeiten für die Anlage der Wasserleitung längs der Hauptstrasse (1885) wurden viele prächtige Fossilien des untern Valangien ausgehoben. Einige dieser schönen Stücke besitzt das Berner Museum (Natica Leviathan P. et C.); andere befinden sich in der Sammlung der Sekundarschule von Twann.

8) *Schernelz.* Der Felsenvorsprung, auf dem sich der Schiessstand von Ligerz befindet, ebenso die ganze Partie zwischen den Ried-

reben und der Strasse Schernelz-Lamboing bestehen aus unterem Valangien. Hinter dem Scheibenhaus von Ligerz erblicken wir im marbre bâtard ein Band grauer Mergel (spärliche Nerineenfragmente), welche nördlich vom Rondbois wieder erscheinen und schlecht erhaltene Gasteropoden und Acephalen einschliessen. Bei Punkt 614 der Karte geht die Strasse vom Kreideterrain auf das Portlandien über. Von Schernelz bis zur Festi finden wir am Fusse der mächtigen Portlandwand eine bald mehr, bald weniger ausgesprochene Purbeckdepression, an deren Südrand mancherorts die Kreidekalke aus dem Rebland hervortreten. Die Schlossruine steht auf denselben; sie sind ferner zu beobachten auf der ganzen Länge des Fussweges (Schybewegli), der von Ligerz zur Festi aufsteigt.

9. *Prêles.* Der Nordflügel auf dem Dessenberg und weiter östlich im Thälchen von Orvin bietet wenige gute Beobachtungspunkte, da die Kreide mit wenig Ausnahmen unter einer mächtigen Quartärdecke versteckt ist. Der marbre bâtard tritt zu Tage in einer schmalen Zone von Prêles nach Lignières. Auf der Pferdeweide westlich von Prêles treten zwischen den nach Nord fallenden Bänken (20°) des marbre bâtard mergelige Partien auf mit:

Terebratula valdensis de Lor. Pterocera Jaccardi P. et C.

10. *Mühlen von Lamligen.* Durch die erodierende Thätigkeit des Twannbaches wurde hier auf eine kurze Strecke der marbre bâtard aufgeschlossen. (Nördl. Fallen etwa 5—8°.) In dem etwa 1 m mächtigen Band aus gelben Mergeln wurden gesammelt:

Terebratula valdensis de Lor. *Nerinea Etalloni P. et C.*
Natica Leriathan P. et C. *Reptomulticava spec.*
Natica Pidanceti P. et C. *Spongienstock.*
Tylostoma Laharpi P. et C.

11. *Jorat.* Dieses enge Thälchen bietet den östlichsten Aufschluss der Kreidebildungen auf der Nordflanke. Der petrographische und paläontologische Charakter der hier auftretenden Gesteine stimmen für das untere Valangien. Es wurden gesammelt:

Terebratula valdensis de Lor. *Natica Pidanceti P. et C.*
Tylostoma Laharpi P. et C.

Purbeckien.

Die hieher gehörenden Bildungen stellen ein interessantes Bindeglied dar zwischen Kreide- und Juraformation (Portlandien). Die im ganzen etwa 15—20 m mächtige Stufe besteht aus einer Serie von Schichten, die in petrographischer und paläontologischer Beziehung

sich scharf von der Kreide unterscheiden. Das Purbeck ist in der Hauptsache eine Süsswasserbildung. Maillard[6] unterscheidet in seiner interessanten Studie über das Purbeck des Jura zwei Abteilungen; Jaccard[3u5] dagegen spricht in seinen Publikationen von einem oberen, mittleren und unteren Purbeck.

Maillard[6]					Jaccard[3u1]
Valangien				Kalke u. Mergel des unteren Valangien: *Natica Leviathan, N. Pidanceti, Pterocera Jaccardi, Nerineen, Terebratula valdensis, Toxaster granosus.*	**Valangien**
Purbeckien	I. Oberes Purb.	Schichten mit Brackwasserformen	Mächtigkeit m	Brackwasserformen: *Cerithium, Turritella. Corbula, Cyrena, Psammobia, Gervilia, Lithodomus.*	**I. Oberes Purbeck**
		Schichten mit Süsswasserfauna	6—7	Ausschliesslich terrestre u. Süsswasserformen: *Auricula, Carychium, Cyclostoma. Planorbis, Lymnea, Physa, Bythinia, Hydrobia, Valvata, Chara Jaccardi.*	
	II. Unteres Purb.	Calcaire celluleux Zelliger Kalk	1,50—2	Ohne Fossilien.	**II. Mittleres Purbeck**
		Dunkle Mergel mit Gypseinlagerungen (Marnes à gypse)	5—6	Ohne Fossilien; charakteristisch sind kleine Quarzkrystalle mit Doppelpyramiden.	
Portlandien				Dolomies portlandiennes; bis jetzt etwa 10 Brackwasserformen bekannt. Jaccard unterscheidet: 1) *Calc. âpre* 2) *Dolomies sacharoides.* 3) *Calc. en plaquettes* (Krebsscheerenplatten).	**III. Unteres Purbeck**
				Marine Fauna: *Natica Marcousana*; *Nerineen etc.*	**Portlandien**

Jaccard hat aus paläontologischen Rücksichten die Zone der Dolomies portlandiennes dem Purbeck zugewiesen; nach dem genannten Autor folgt das eigentliche Portlandien auf den leicht kenntlichen Horizont der Calcaires en plaquettes. Dem Bielersee entlang sind die dunkeln Purbeck-Mergel mit Gypseinschlüssen nicht entwickelt. Nach Maillard ist das obere Purbeck viel weiter verbreitet und konstanter als das untere Niveau. Aus den Untersuchungen des schon genannten Autors resultiert, dass das Purbeck des Jura nur eine Facies der Portlandstufe darstellt.

Alle Aufschlüsse unseres Gebietes bieten eine ziemlich übereinstimmende petrographische Zusammensetzung und Aufeinanderfolge der Schichten. Graue Mergel wechseln mit mergeligen, wenig mächtigen Kalkschichten von gleicher Färbung. Dem Einfluss der Atmosphärilien ausgesetzt, verwittern diese Mergel und Mergelkalke sehr leicht. In der obern Partie tritt ein fester, grauer bis gelblicher Kalk auf mit vielen dunkeln Geschieben von Sandkorn- bis Nussgrösse (Calcaires à cailloux noirs). Die Herkunft dieser Einschlüsse ist noch problematisch. In den darüber liegenden, sehr soliden, hellgrauen Mergeln finden sich harte Kalkkonkretionen mit ockerfarbiger, sehr rauher Oberfläche. In Tüscherz nehmen die Mergel gegen die Basis der ganzen Ablagerung streifenweise eine violette bis dunkle Färbung an, und es treten 1—$1^1/_2$ mm lange Quarzkrystalle mit Doppelpyramiden auf. Nach Jaccard[5] und Maillard[6] charakterisieren dieselben die Mergel der unteren Purbeckstufe und scheinen an den Platz der Gypseinlagerungen zu treten. Wenn diese Krystalle wirklich die Stelle von Leitfossilien übernehmen, so müssten wir in den bei uns auftretenden Schichten ein Äquivalent erblicken für die bisher nur in der Nordfacies nachgewiesenen Marnes à gypse. Der Übergang vom Valangien zum Purbeckien ist ziemlich scharf, wenigstens in paläontologischer Beziehung. In Vingelz und Tüscherz haben die untersten Kreidebänke typische marine Fossilien geliefert: *Terebr. valdensis, Pterocera Jaccardi, Pseudomelania* Gresslyi. Im untern Valangien treten graue Mergel auf, die täuschende Ähnlichkeit besitzen mit denen der Purbeckstufe (Vingelz und Laube bei Alfermée).

Die Fauna der Purbeckstufe weist neben einigen Brackwasserformen namentlich Süsswasserrepräsentanten auf. Die Fossilien sind wenig zahlreich und wegen der fast ohne Ausnahme sehr geringen Grösse nur mit Mühe aufzufinden. Indes heben sich die dunkeln Gehäuse auf dem hellen Gestein gut ab. Es ist hauptsächlich der

Horizont unter der Bank mit dunkeln Geschiebeeinschlüssen, welcher bei uns an fast allen beobachteten Punkten Petrefakten führt. Neben Schalenfragmenten von Acephalen finden sich namentlich gut erhalten *Valvata helicioides Forbes* und 2 Planorben *P. Loryi Coq.* und *P. Coquandi, de Lor.* Die Schalen sind nicht mit Kieselsäure imprägniert; sie werden von Salzsäure sofort zerstört.

Orographie. Da die Purbeckstufe in der Hauptsache aus leicht verwitterbarem Material sich zusammensetzt, da ferner über derselben ein viel soliderer Schichtenkomplex folgt, so hat die Erosion dieses Terrain energisch in Angriff genommen; wir finden das Purbeck daher in Depressionen und Comben. Das Lachenthälchen ob Wingreis und das Thälchen des Mt. Bijoux sind solche Purbeckcomben. Aufschlüsse gewähren indes weder Depressionen noch Comben; denn sie sind reichlich mit Gletschermaterial bedacht worden. Sämtliche Aufschlüsse dem See entlang sind dadurch zu stande gekommen, dass durch Sprengarbeiten in Steingruben oder durch Erosion der Kreidemantel abgetragen wurde. Tüscherz und Vingelz bieten allein ein ziemlich kompletes Profil.

1. *Vingelz.* Gegenüber der Handelsgärtnerei Krebs ist das Purbeck auf eine Länge von 50 m aufgeschlossen. Südliches Fallen der Schichten etwa 50°. Ein Profil dieser Lokalität ist von Maillard [6] publiziert worden. Dasselbe stimmt ziemlich überein mit demjenigen von Tüscherz. Von Interesse ist der Übergang zum Valangien.

Valangien.

	m
1. Gelbliche Kalke, oben in regelmässigen, kompakten, nach innen gebogenen Bänken, unten wenig kompakt mit *Terebr. valdensis* und *Toxaster granosus* .	3—4
2. Graue bis gelbliche, kiesige Mergel mit *Astarte gigantea*	0,1
3. Graue, blätterige Mergel, stellenweise rosafarbig bis rot angehaucht	0,2
4. Graue, solide Mergel mit rundhöckeriger Oberfläche und schlecht erhaltenen Acephalen	1,2
5. Gelbliche Kalkbank mit einer dünnen Decke von ockerfarbigen, oolithischen Mergeln	1,8
6. Dünne Schicht gelblicher Mergel mit grossen, harten Kalkknollen. Gasteropoden: *Pseudomelania Gresslyi P. et C.*	0,05

7. Gelbliche Kalkbank . . . . . 0,8—1
8. Gelblicher Kalk, mit grauverwitterter, rundhöckeriger Oberfläche und Spuren von Petrefakten . . . . 0,2—0,3

Purbeckien.

1. Sandige bis knollige Mergel . . . . . 0,2—0,3
2. Graue, sehr solide Mergel mit holperiger Oberfläche; die unregelmässigen Höhlungen mit zerrissenen Wandungen enthalten kiesige Mergel mit dunkeln Körnern, Schalenfragmenten und sehr harten Kalkkonkretionen mit ockerfarbiger Oberfläche . . . 1,3

Die Schichten 3 und 4 im Valangien erinnern in ihrem petrogr. Habitus an einzelne Mergelschichten des Purbeckien. Unter den dünnen Schichten des Calcaire à cailloux noirs sind Mergelkalke mit wenig zahlreichen, aber gut erhaltenen Fossilien. Ich sammelte *Valvata helicioides F; Planorbis Loryi Coq.* und *Pl. Coquandi de Lor.* und *Bythinia Sautieri de Lor.* Nicht selten sind Acephalenfragmente. Maillard[6] erwähnt von hier noch *Chara Jaccardi, Cypris purbeckensis Forbes, Physa wealdiensis Coq.* und eine *Lucina spec.* (Pag. 7 u. 40).

2. *Alfermée.* Steigt man den «*Loschtweg*» hinauf, so trifft man überall die Dolomies portlandiennes. Ostwärts dieses Weges finden wir das untere Valangien. Von der Biegung der Nidaubergstrasse bis in den Nidauberg ist die Purbeckstufe angedeutet durch eine schwache Depression. Die Purbeckgrenze steigt dann noch höher, um, den Portlandfelsen folgend, wieder zu sinken und in den Goldbergreben die Strasse zu erreichen. Auf dieser Strecke ist nirgends ein Aufschluss zu finden; am Fusse der Jurafelsen sind überall Felstrümmer angehäuft, welche die Mergelzone bedecken. Oberhalb Alfermée finden wir in den Rebmauern zahlreiche Purbeckgesteine. Unter der schon genannten Biegung der Nidaubergstrasse, im sog. Wartenbrunnen, hat man beim Graben einer Wasserleitung im Schutt ebenfalls Steine ausgehoben, die der obern Purbeckstufe angehören.

Ungefähr in der Mitte zwischen Alfermée und Tüscherz taucht nach einer kurzen Unterbrechung der Kreidemantel wieder auf und bildet über der Strasse mit dem Purbeck ein kleines Plateau; dasselbe ist bis zur Portlandsteingrube westl. von Tüscherz zu verfolgen. Traversieren wir dasselbe in der Süd-Nordrichtung, so finden wir die gelblichen Kalke des untern Valangien (Stand von Tüscherz), dann die mit Gletscherschutt gefüllte Purbeckdepression und weiter die Do-

lomies der Portlandstufe. Unter dem Schützenhaus, an der Strasse, hat die Erosion ein Stück des Kreidemantels entfernt, und es treten die obern Schichten der Purbeckstufe zu Tage. Wir bemerken wieder den Calcaire à coilloux noirs und darunter die Mergelkalke. Der Übergang zum Valangien ist ein sehr scharfer und kann besonders gut an der höchsten Stelle des Aufschlusses beobachtet werden. Von hier besitze ich *Valvata helicioides, Planorbis Loryi und Coquandi,* eine schlecht erhaltene *Physaspecies* und Schalenstücke von Acephalen. Maillard [6] nennt noch *Meyalostoma Loryi* und eine *Lioplax-species* (Pag. 9).

3. Tüscherz. Durch Abbau der Valangienkalke in einer Grube ist westlich der Ortschaft der schönste Aufschluss am ganzen See entstanden. Kurz, nachdem das nachfolgende Profil aufgenommen worden, wurde die Purbeckhalde in einen Rebberg verwandelt, so dass in Zukunft nur noch ein Teil der Stufe der weitern Untersuchung zugänglich ist.

I. Unteres Valangien (Basis).

	m.
1) Gelbliche wenig mächtige Kalkbänke	
2) Gelbliche Mergel mit Acephalenfragmenten	
3) Gelbliche Kalke	2,5
4) Gelbliche bis graue Mergel	0,2
5) Gelbliche Kalke	2,0
6) Rötliche, streifenweise violette Mergel	0,1
7) Graue Mergel	0,2
8) Blättrige, violette Mergel	0,5
9) Gelbl. Kalk mit oolithischen Mergelinterkalationen, welche Fossilien führen: *Terebr. valdensis, Pterocera Jaccardi,* Fragmente von Acephalen	5,0

II. Purbeckien.

1) Dunkle, kiesige Mergel	0,1
2) Graue, solide Mergel; darin Kalkkonkretionen mit ockerfarb. Oberfläche	1,2
3) Graue bis gelbliche kiesige Mergel	0,1-2
4) Wenig mächtige Bänke des Calcaire à cailloux noirs und darunter alternierende Schichten von grauen Mergelkalken und grauen bis dunkelgefärbten Mergeln. *Planorben, Valvata, Acephalenfragmente*	3,8

5) Gelbliche Mergel 0,2
6) Graue Mergel 0,4
7) Gelbliche, ein wenig geschichtete Mergel 0,3
8) Härtere graue Mergel mit dunkeln Körnern 1,1
9) Dunkle Mergel, stellenweise in Mergelkalk übergehend . 0,4
10) Graue und violett gefärbte Mergel mit Quarzkrystallen . . 0,2
11) Dünne Bank aus Mergelkalk mit Quarzkrystallen 0,1
12) Graue bis dunkle Mergel, die unter dem Hammer in kleine prismat. Stücke zerfallen, deren Oberfläche violett oder rötlich gefärbt erscheint 0,5
13) Spatreicher, rostgelber Kalk, dessen Mächtigkeit infolge von angehäuftem Schutt nicht ermittelt werden kann.

— — — — — — — — — — — — — — —

III. Portlandien.

1) Calcaire âpre ohne Schichtung
2) Portlandkalk mit Spalten, die roten und grünlichen Bolus und Quarzsand enthalten (Sidérolithique).

Auch hier ist der Übergang vom Purbeckien zum Valangien ziemlich scharf; die unterste Kreidebank enthält noch Leiter für die untere Kreide. Die messbare Mächtigkeit der Purbeckstufe mag etwa 8—10 m betragen. Die Mergelkalke führen Fossilien: *Planorbis Loryi, Pl. Coquandi. Valvata helicioides, Acephalenfragmente.* Interessant sind die Quarzkrystalle mit Doppelpyramiden.

4. Lachenweg und Mt. Bijoux. Zwischen Tüscherz und Wingreis sind es wieder nur die Lagerungsverhältnisse von Portlandien und Valangien, welche die Purbeckgrenze bestimmen. Von hier bis ins Gaichterthälchen finden wir 2 Purbeckcomben; die südlich der Kreuzfluh gelegene heisst «Lachenweg», die nördlich der Trämelfluh Mt. Bijoux. Beide Comben sind reichlich mit Gletschermaterial versehen, bestehend aus eckigen Blöcken und Geschieben, mit jurassischem Gesteinsschutt vermischt. Wir finden Euphotide, Eklogite, Serpentine, Gneisse und Granite (interessant ein Block mit gelblichem Feldspat). Wie eine Insel tritt der obere Jura (Trämel-Schloss und Kreuzfluh) zwischen den beiden Comben aus dem Kreidemantel hervor. Am schönsten kommen die orographischen Verhältnisse dieses Gebietes zur Geltung in einer Ansicht von der St. Petersinsel aus oder von der 2ten Biegung der Dessenbergstrasse.

5. Kanzel ob Twann. (Vide Tafel I.) Der Twannbach hat am Eingang zur Schlucht Kreide- und Purbeckschichten abgetragen; die Dolomies

treten zu Tage. Zu beiden Seiten der Erosionsrinne sehen wir die untersten Bänke des Valangien; das Purbeck hat eine Mächtigkeit von 12—15 m, ohne einen guten Aufschluss zu bieten. Auf der Westseite, hinter der Mühle, ist die Purbeckhalde mit Vegetation bedeckt; in der schwach ausgesprochenen Depression auf der Ostseite liegt die erste Biegung der Dessenbergstrasse; hier sind die Purbeckschichten unter der Böschungsmauer verborgen. Nur links vom Fussweg, der vom Kanzel nach Kleintwann hinunterführt, kommen in kleinen Partien graue bis gelbliche Mergel zum Vorschein, die dem obern Purbeck angehören. Vom Kanzel bis ins Gaichterthälchen, wo die Sedimente unter einer jedenfalls mächtigen Decke von Gletscherschutt verschwinden, sind nur stratigraphische Verhältnisse bei der Bestimmung der Purbeckgrenze massgebend. Ob Twann steigt sie mit dem Valangien über die Dessenbergstrasse, um vom Fusse der Burgfluh sich gegen das Gaichtersträsschen zu wenden.

6. Stand von Ligerz. Zwischen letzterem und der Twannbachschlucht erscheinen in den Reben die Dolomies portlandiennes. Vom Twannbachfall bis Bipschal finden wir der Strasse entlang einen wenig mächtigen Kreidemantel, der sich auch nur unbedeutend über das Niveau der Strasse erhebt. Derselbe ist bei der Brunnmühle unterbrochen; hier tritt eine Portlandwand zu Tage, an deren Fuss eine ganze Reihe von starken, ziemlich konstanten Quellen zum Vorschein kommen. Die Purbeckstufe ist in diesem Gebiet durch keine Depression angedeutet, weil bei dem starken Fallen der Schichten die orographischen Verhältnisse durch spätere Ablagerung von Gletschermaterial verwischt wurden, vielleicht auch, weil die Steilhalde schon seit alter Zeit zur Rebenkultur dient. Unter der Felswand, worauf der Stand von Ligerz erbaut ist, treten die Purbeckmergel und der Calcaire à cailloux noirs zu Tage; nach langem Suchen fanden sich in letzterem Fossilien, unter anderem eine Megalostoma. Es ist wahrscheinlich, dass alle Reben bis zur Strasse hinunter auf Purbeck ruhen; wenigstens hat man in benachtbarten Reben in einer Tiefe von ca. 1 m Material ausgehoben, das ohne Zweifel der Purbeckstufe angehört. Die Rebmauern südlich vom Stand enthalten viele Purbeckgesteine.

7. Schernelz und Festi. Nördl. vom Rondbois ist der Verlauf der Purbeckzone wieder durch eine Depression angedeutet (sog. Gummen), die westlich von Schernelz wieder auftritt und am Fusse der Portlandfluh bis zur Festi verfolgt werden kann. Der Purbeckaufschluss am Waldrande westl. vom Festigut ist zum grossen Teil von

Schutt bedeckt. Es finden sich eine 1 dm. mächtige gelbliche oolithische Kalkbank (Oolithen von der Grösse und Form eines Grieskornes), ferner der typische Calcaire à cailloux noirs und darunter graue Mergel. Nördl. von Chavannes trifft man dem Waldrand entlang hie und da Kalkplättchen mit dunkeln Geschiebeeinschlüssen. Es war mir unmöglich, die Purbeckstufe hier anstehend zu finden. Wie anderorts, so ist auch hier die Purbeckzone am Fusse der Felswand mit jurassischem Schutt überlagert. Maillard [6] schreibt Pag. 9 seiner schon erwähnten Studie: A Chavannes près Neuveville, on trouve les *Gervilia obtusa* Röm. et *Cypris purbeckensis* Forbes sur la même plaquette de roche.»

Bemerkungen über die obere Portlandstufe.

(Dolomies portlandiennes.)

Auf die Mergelzone des Purbecks folgen die obern Schichten der Portlandstufe, die mehr oder weniger dolomitische Ausbildung aufweisen. In ihrer Gesamtheit tragen die Schichten den Namen Dolomies portlandiennes. In unserer Gegend lassen sich 4 petrographische Horizonte nachweisen:

1) Unter den Purbeckmergeln mit Quarzkrystallen erscheint eine wenig mächtige Decke von aschgrauem, ungeschichtetem Kalk, der eine etwas zuckerkörnige Struktur aufweist. Wo diese Decke dem Einfluss der Atmosphärilien ausgesetzt ist, da zeigt sich eine holperige Oberfläche mit kleinen Höhlungen, mit einem feinen, gelblichen Sande gefüllt. Jaccard hat dieses Gestein unter dem Namen Calcaire âpre beschrieben (Kanzel bei Twann).

2) Unmittelbar darunter findet sich in geringer Mächtigkeit ein dunkelgrauer, dolomitischer Kalk, der sich leicht in Platten von 5—6 cm Dicke spalten lässt. (Kanzel bei Twann).

3) Es folgt darunter ein weisser, spatreicher, kompakter Kalk, der durch das Auftreten von Ganoidenzähnen ausgezeichnet ist (ich besitze solche aus einem Block, der dem sog. «Bruch» bei Wingreis entstammt) Burgfluh; Schützenhaus.

4) Darunter erscheint der leicht kenntliche Horizont des Calcaire en plaquettes. Diese Kalke sind charakterisiert durch eine sehr regelmässige Schichtung; einzelne Bänke (1 dm mächtig), fast immer mit undulierter Oberfläche, lassen sich mit Leichtigkeit in sehr dünne Blätter

spalten. Die Schichtflächen und Spaltungsflächen weisen braungelbe Makel auf. Nicht selten sind hübsch ausgebildete Dendriten (hinter der Burgfluh.)

Jaccard bezeichnet diese vier petrographisch leicht kenntlichen Horizonte als unteres Purbeck (vide Pag. 176). Er hat nämlich in der Umgebung von Villers-le-Lac bei Morteau in diesem Schichtenkomplex eine Reihe von interessanten Fossilien entdeckt *(Corbula inflexa, Cardium villersense)*, welche sich als Brackwasserformen erwiesen haben und welche auch im Purbeck vorkommen. Diese Einteilung stützt sich also auf paläontologische Merkmale. Nach dem genannten Autor umfasst die Portlandstufe die Schichten zwischen den Krebsscheerenplatten oben und dem Virgulahorizont unten. In Bezug auf den petrographischen Habitus schliessen sich die Dolomies an das eigentliche Portlandien an, das eine marine Fauna aufweist *(Natica, Nerinea etc)*. Bei praktischen Arbeiten (Cartierung, Aufnahme von Profilen), die einmal eine Grenzbestimmung notwendig machen, erscheint es vorteilhaft, die Dolomies als oberes Portlandien zu betrachten, trotzdem paläontologische Funde für den Anschluss an die Purbeckstufe sprechen (etwa 10 Brackwasserformen bekannt; Maillard [7], Pag. 3). Dieselben sind leicht aufzufinden und zu erkennen, da sie

a) petrographisch sich scharf von den Purbeckschichten und der untern Kreide unterscheiden und

b) mit dem untern Valangien die Purbeckdepression oder Combe bilden, also auch orographisch eine Rolle spielen. Hat sich in letzteren Schutt angehäuft oder sind sie von Vegetation bedeckt, so dass kein Aufschluss vorhanden, so gewähren gerade die Dolomies einen willkommenen Anhaltspunkt, um die Purbeckgrenze mit Sicherheit festzustellen.

1) *Schernelz.* Zwischen der ersten und zweiten Kurve des Weges nach Prêles werden die Krebsscheerenplatten ausgebeutet.

2) *Brunnmühle.* In der obern Partie der Bégine-Reben und hinter der Brunnmühle kommen zum Vorschein der Calcaire âpre und die dolomitischen, spaltbaren Kalkplatten des 2ten Horizontes.

3) *Eingang zur Twannbachschlucht.* Hier beobachtet man die obere Partie der Dolomies.

4) *Burgfluh.* Der so benannte Felskopf besteht aus spatreichem, kompaktem Kalk; hinter demselben folgen die Calcaires en plaquettes, welche ausgebeutet werden.

5) *Prêles.* Die Lokalität sur les Moulets bietet in einer Steingrube die schwach nach Norden fallenden (5°) Krebsscheerenplatten.

6) *Tüscherz.* Unter dem Purbeck westl. der Ortschaft sind sichtbar der Calcaire âpre und die folgenden zwei Horizonte. Westl. vom Stand stehen bis zum Loschtweg die Dolomies an (II. Horizont.)

7) *Tüscherz.* (Gaichterboden) dolomitische Plättchen.

8) *Nidauberg.* Über der Strasse in den Nidauberg, nördl. vom Wartenbrunnen, dolomitische Plättchen.

Das Portlandien in der mittlern Partie der Dessenbergstrasse bietet interessante lokale Dislokationserscheinungen. Von Twann herkommend, beobachten wir zuerst in einem gut geschichteten, leicht in Blätter spaltbaren Kalk mit zahlreichen Kalkspatgeoden (Calcaire nodique) eine hübsche Anticlinale (n) und Synclinale Fig. I (m). Bei der Faltung der Sedimente ist der Kalkkeil F' von der Bank F abgerutscht worden; diese Dislokation hatte die Bildung einer Breccie (o) und die Lagerungsstörungen in den tiefer liegenden Schichten zur Folge. Im Mergelkalk g finden sich Acephalen (Thracia incerta Desh., Corbina Brongniarti P. et Ren., Psammobia rugosa Röm., Cardium Pricardi de Lor., Pecten suprajurensis Buv.). Es stimmt dieser Horizont petrographisch und paläontologisch überein mit den durch Hisely bekannt gewordenen Schichten «Sur les Mées», an der Strasse von Neuenstadt nach Prêles. Die von genanntem Autor mit *m* und *n* bezeichneten Schichten (vergleiche Greppin, Mat. Pag. 123) haben mir geliefert: Thracia incerta Desh., Plectomya rugosa de Lor., Cardium dissimile Sow. und Mytilus Icaunensis de Lor. Das oben genannte Geoden führende Gestein tritt auch im Kapfgewölbe auf, aber hier ohne weitere Dislokationen (am Fussweg zwischen Kapf und Picardsacker). Etwas weiter oben an der Strasse ist eine kleine Anticlinale (d in Fig. II) aufrecht in das übrige Gestein hineingeschoben. Zwei Schritte weiter ist der eine Schenkel der Fältchen nur noch durch eine Rutschfläche vertreten (c). Über diesen dislocierten Schichten verlaufen die Bänke wieder normal. An dritter Stelle (Kimmeridgien, Fig. III, auch am Ligerzsträsschen zu beobachten) ist eine Anticlinale nach Norden übergelegt. Die Bänke bei a enthalten Nerineen und bei b fanden sich Terebrateln und ein schlecht erhaltener, regulärer Seeigel. Die genannten Erscheinungen beweisen, dass innerhalb eines Schichtensystems, das ein Gewölbe bildet, eine gewisse Partie der Sedimente durch den Faltungsprozess immerhin noch weitere Dislo-

kationen erleiden kann. Dieselben können en miniature alle die Formen wiederholen, wie sie die Tektonik für ganze Sedimentsysteme nachgewiesen.

Die Twannbachschlucht.

Der Twannbach sammelt die Wasseradern des Dessenbergs. Südlich von Lamboing hat die erodierende und transportierende Thätigkeit des Wassers das Gewölbe der Seekette durchsägt und eine interessante Schlucht geschaffen. Seit Mitte Mai 1892 kann dieselbe bequem begangen werden. Von besonderem Interesse sind:

1) Die unter dem Namen der Gürschenen bekannten Transversalspalten.

2) Die scharf ausgeprägten Erosionserscheinungen.

3) Die zahlreichen Findlinge.

1) Am Eingange zur Schlucht treten im Portlandien Spalten auf, welche, soweit sie verfolgt werden können, die Direktion der Schlucht inne zu halten scheinen. Wenige Schritte weiter, in der schattigen Schlucht selbst, finden wir in der Streichrichtung des Gewölbes eine horizontal verlaufende Höhle (Wasserholiloch), die sich durch das Einstürzen der stark gegen den See fallenden Schichten stets vergrössert. Dieselbe steht mit den oben erwähnten Spalten in Verbindung. Aus der schachtartig sich erweiternden Spalte im Hintergrunde tritt von Zeit zu Zeit eine enorme Masse krystallhellen Wassers hervor, welches durch genannten Kanal und die Gürschenen abgeleitet wird. Gewöhnlich stellen nach kurzer Zeit Holiloch und Gürschenen ihre Wasserlieferung ein. Nicht selten kommt es vor, dass der Twannbach selbst äusserst wenig Wasser führt, wenn das Spaltensystem in voller Aktion steht. Dies ist ein Beweis, dass dasselbe und die Erosionsrinne der Douanne nicht in Kommunikation stehen. Es muss für beide ein getrenntes Reservoir angenommen werden. Früher einmal müssen die Gürschenen kontinuierlich Wasser geliefert haben; denn auf dem Felsenvorsprung unter der ersten Brücke finden sich mehrere alte Erosionstöpfe (Trockentöpfe).

2) In der Schlucht treten uns Schritt auf Schritt hübsche Erosionserscheinungen vor Augen; da hat das Wasser tiefe Kanäle in das felsige Bett eingegraben; dort stürzt es über eine Felsenbarre und vergrössert am Fusse derselben Erosionstöpfe. Interessant sind die

zu beiden Seiten an den Felswänden auftretenden, hoch über dem jetzigen Niveau des Baches liegenden Rinnen und Galerien, welche mit den Schichtflächen der Sedimente zusammenfallen. Schön ausgebildet sind diese Rinnen namentlich an den Felswänden über der Dessenberg- und Ligerzstrasse. In der untern Partie der Schlucht arbeitet das Wasser auf eine lange Strecke an einer Galerie. Anderorts sind solche Rinnen durch tuffartige Schwemmprodukte wieder ausgefüllt worden. Alle die an den Felswänden sichtbaren Galerien und Nischen hat der Twannbach gebildet zu einer Zeit, da sein Niveau noch auf der Höhe der betreffenden Rinne stand. Es sind dies sprechende Zeugen seiner frühern erodierenden Thätigkeit.

3) Der Rhonegletscher hat in der Twannbachschlucht, wie überhaupt in der ganzen Gegend, zahlreiche erratische Blöcke (neoglaciale Findlinge) zurückgelassen. Die meisten bestehen aus Mt. Blanc-Granit. Zwei grosse Blöcke aus genanntem Gestein finden sich in der obern Partie der Schlucht; sie füllen fast die ganze Breite des Bachbettes aus. In der Mitte der Schlucht treten die Felsen etwas zurück, und der Tannenwald dringt bis an die Ufer des Baches vor; das ist die sog. Pulverstampfe. Mitten im Bachbett ist ein enormer Quarzit mit einem Umfang von 8,5 m und einem Inhalt von 8—9 m^3. Dicht am Fussweg erblicken wir einen gewaltigen Findling aus typischem Arolla-Gneiss; die Oberfläche ist ziemlich quadratisch und misst bei 7 m Seitenlänge ca. 50 m^2 Bis auf 2 m. ist der Block in die Erde eingesenkt; die messbare Masse beträgt 98 m^3. Gegen den Ausgang der Schlucht findet sich nahe der Einmündung des Schluchtweges in die Dessenbergstrasse ein kleiner Block aus Chloritschiefer, der in Masse schön ausgebildete Octaëder von Magneteisen enthält. Faust- bis kopfgrosse Geschiebe alpiner Herkunft finden sich zahlreich im Bachbett und an den Abhängen der Schlucht. Vor Beginn der letzten Galerie führt der Weg durch Glacialschutt, der reichlich mit jurassischem Material vermischt ist. Ein früherer Wasserlauf hat das Material des Schuttkegels, der an der Felswand ansteigt, direkt vom Abhang über den Felsen in die Tiefe transportiert. Es wurden hier gesammelt (auch im übrigen Teil der Schlucht gefunden):

1) *Arolla-Gneiss*
2) *Mt. Blanc-Granit*
3) *Euphotide*
4) *Eklogite*
5) *Serpentine*
6) *Amphibolite*
7) *Gabbrogesteine*
8) *Quarzite*
9) *Carbonischer Sandstein*

Die Schlucht gehört zwei geologischen Formationen an: 1. dem Portlandien und 2. dem Kimmeridgien. Nachdem wir, den Fussweg von Kleintwann benutzend, das untere Valangien des Kanzels und die nun folgende Purbeckdepression hinter uns haben, finden wir den Schichtenkomplex der Dolomies portlandiennes; dann folgen die dicken, kompakten Kalkbänke der eigentlichen Portlandstufe. In denselben lässt sich in der Höhe des Schluchtweges ein etwa 8 dm mächtiges Band aus knolligen Mergeln verfolgen, welches *Thracia incerta Desh.* lieferte. Gegen die Basis der Portlandstufe fand sich *Natica Marcoui* d'Orb. Hinter der Pulverstampfe sind die Schichten sehr stark aufgerichtet; man traversiert successive folgende fossilienführende Schichten:

a. Weissen Kalk mit Gasteropoden
b. gelblichen Kalk mit *Terebratula suprajurensis Th.*
c. gelblichen Nerineenkalk
d. Bryozoenkalk (in schöner Ausbildung)
e. Nerineenkalk

Die letztgenannten, stark nach Süden fallenden Schichten gehören dem obern Kimmeridgien an; der bekannte Horizont mit Exogyra virgula d'Orb., welcher Kimmeridgien und Portlandien verbindet, fehlt. Oben genannte Schichten finden sich am Ligerzsträsschen wieder zwischen Schernelz und Lamboing. Von den hier gesammelten Nerineen war bestimmbar Nerinea Defrancei d'Orb. Die Terebratelschicht lieferte einen allerdings schlecht erhaltenen regulären Seeigel.

Beobachtungen über die Hauterivientaschen.

An mehreren Stellen längs des Bielersees finden sich im untern Valangien Höhlungen, taschenartige Ausweitungen, die fast ausschliesslich mit Hauterivemergeln gefüllt sind. Die interessanteste dieser sog. Hauterivientaschen befindet sich hinter der Baume bei Ligerz (Tafel I). Sie ist sichtbar auf eine Länge von 30 m und hat eine mittlere Höhe von $1^1/_2$ m. Das einschliessende Gestein ist der marbre bâtard, dessen Schichten in einem Winkel von 40° gegen den See fallen. Die gelben Mergel enthalten in Menge die charakteristischen Versteinerungen der Hauterivestufe; diejenigen mit Schalen sind recht gut erhalten. Die Steinkerne dagegen sind ziemlich defekt, meist zerquetscht oder

sogar nur in Bruchstücken vorhanden. Es wurden gesammelt:

Am. radiatus Brug. u. Leopoldi d'Orb.
Rhynch. multiformis Röm.
Terebr. acuta Quenst.
Waldheimia pseudojurensis Leym.
Panopaea neocomiensis d'Orb.
Arca Gabrielis d'Orb.
Exogyra Couloni d'Orb.
Toxaster complanatus Ag.
Pseudodiadema Bourgueti Des. u. rotulare Ag.
Serpula heliciformis Röm.

In den Mergeln zerstreut finden sich mehrere eckige Blöcke des Calc. roux, zum Teil sehr eisenreich (Limonit) und mit Fossilien. Es konnten bestimmt werden:

Pycnodus cylindricus Pict.
Terebratula valdensis de Lor.
Terebratula Carteroni d'Orb.
Waldheimia collinaria d'Orb.
Lima dubisiensis P. et C.
Monopleura corniculum P. et C.
Pygurus rostratus Ag.

Auch der Mergelkalk des untern Hauterivien ist vertreten in grössern und kleinern Knollen, die namentlich in der obern Partie des Füllungsmaterials sich vorfinden. Die Mergel weisen charakteristische Blätterdurchgänge auf, die bald mehr oder weniger parallel verlaufen bald sich kreuzen und so den Eindruck hervorrufen, als ob eine Reihe von Mergelkeilen über einander geschoben wären. Wird so ein Keil blossgelegt, so erweisen sich die Kontaktflächen als mehr oder weniger ausgesprochene Harnische. Diese sind namentlich gut ausgebildet, wo Mergel und solide Kalke sich berühren.

In kleinen Partien scheinen die Mergel etwas gefärbt; man könnte leicht an Beziehungen mit dem terrain sidérolithique denken; bei näherer Untersuchung findet man an solchen Stellen stets Limonitknollen, deren Eisenkörner in starker Verwitterung sich befinden. Von Gletschermaterial ist keine Spur zu entdecken.

Die Untersuchung anderer Taschen hat zu ähnlichen Resultaten geführt; immer bilden die Hauterivemergel die Hauptmasse des Füllungsmaterials; Fossilien des Calc. roux oder das Gestein selbst sind bereits immer zugegen. Quartäre und tertiäre Bestandteile konnten nicht nachgewiesen werden.

Es sei noch auf folgende Hauterivientaschen aufmerksam gemacht:

1) Zwischen Ligerz und der Baume liefern die gelben Mergel: *Nautilus neoc.; Rhynch. multif.; Terebr. acuta; Cyprina Deshayesi, Cardium spec. Lima dubisiensis* (letztere aus dem Limonit) und *Tox. complanatus*. Es ist dies ohne Zweifel die schon von Gilliéron[4] Pag. 114 und 115 beobachtete Tasche.

2) Diejenige in der Cros ob Twann lieferte *Rh. multif., Tereb. acuta;* Austernfragmente, *Exogyra Couloni, Panopaea neoc.; Serpula heliciformis* und neben einigen Limonitstücken *Thracia Nicoleti* und *Reptomulticava micropora.* Das die Tasche bildende Gestein bietet charakteristische Gasteropoden des untern Valangien *(Aporhais valangiensis).*

3) Eine Tasche westl. vom Rusel mit *Exogyra Couloni, Terebr. acuta, Serpula helicif.* und Limonitfragmenten.

4) Notizen über die Taschen im Rusel finden wir in den Arbeiten von Gilliéron[4] (Pag. 115) und Rollier[9] (Pag. 125).

5) Die Tasche beim Bahnübergang östl. vom Rusel liefert namentlich *Rhynch. multif.* und *Terebr. acuta* der Hauterivestufe.

6) Bei Vingelz traversiert der Fussweg in die Goldbergreben eine Tasche, in welcher *Exogyra Couloni, Cyprina Deshayesi* (sehr zerdrückt), nebst andern Acephalenfragmenten und ein Toxaster complanatus Ag. (normal) gesammelt wurden. Rollier[8] nennt noch *Am. Astieri* und *Pterocera Desori* (Pag. 166).

Auf welche Weise und zu welcher Zeit sind die Hauterivientaschen entstanden und gefüllt worden?

1) Gilliéron[4] (Pag. 115) ist geneigt, die Entstehung der bekannten crevasses sidérolitiques und der Höhlungen im untern Valangien ein und derselben Ursache, nämlich der erodierenden Thätigkeit der aus tiefern Erdschichten kommenden Thermalquellen zuzuschreiben. Die Entstehung und ebenso die Ausfüllung würden demnach in die Eocänzeit zu verlegen sein.

2) Als die Schweiz. Geolog. Gesellschaft im Jahr 1888 das linke Seeufer besuchte, wurden, die Frage der Hauterivientaschen betreffend, zwei Ansichten geäussert (Rollier[8], Pag. 165).

α. Nach Rollier sind die Höhlungen Erosionsgebilde des Limonitmeeres; in der darauffolgenden Hauterivezeit hat das Meer auch in diesen Taschen Mergel deponiert.

β. Nach Schardt sind die Hauterivientaschen nicht eine Erosionserscheinung, sondern ein Produkt des Faltungsprozesses. Die Füllung hat en bloc durch ein Hineinrutschen ganzer Hauterivienpartien stattgefunden. Die erodierende und transportierende Thätigkeit des Wassers fällt also hier ganz ausser Betracht.

3) In dem Kapitel über das terrain sidérolithique schreibt

Rollier in den Beiträgen zur geolog. Karte des centralen Jura Pag. 144. die Hauterivientaschen betreffend:

«Il nous semble que ce dépôt (terrain sidérolithique) s'est effectué sur une surface horizontale émergée, en partie simultanément et en partie après les érosions du crétacique. Il est possible que la limonite valangienne, les marnes hauteriviennes et le calcaire jaune néocomien en aient fourni les matériaux. Les poches de marne hauterivienne dans le roc valangien du bord du lac de Bienne et du Val de St. Imier peuvent être considérées comme les points où ces lévigations et ces décompositions terrestres se sont arrêtées.»

Bevor ich die namentlich in der Baume auftretenden Rutschflächen und andere später zu erwähnende Dislokationserscheinungen genügend beobachtet hatte und zu würdigen verstand, glaubte ich, die Bildung und Ausfüllung der Hauterivientaschen auf folgende Weise deuten zu können:

1) Die Taschen sind Erosionsgebilde, nicht durch Thermalquellen, sondern durch ursprüngliche Oberflächengewässer geschaffen; das Gestein wurde in der Richtung der Schichtflächen von oben nach unten in Angriff genommen. Die erodierende Thätigkeit des Wassers musste gefördert werden durch das starke Fallen der Schichten, in denen die Taschen auftreten.

2) Die Hauterivientaschen sind wahrscheinlich vor Beginn der Cenomanzeit entstanden. Das Auftreten der Cenomanbildungen auf verschiedenen Unterlagen beweist, dass in unserem Gebiete die schon früher aufgefalteten, ältern Sedimente durch Erosion in ihrer Mächtigkeit stark reduziert oder an andern Punkten ganz abgetragen worden sind. Hätte die Bildung und Füllung der Taschen nach Ablagerung der Cenomansedimente sich vollzogen, so sollte auch diese Stufe durch Fossilien oder Gesteinsfragmente vertreten sein, was eben nicht der Fall ist.

3) Die Füllung hat zu derselben Zeit durch die transportierende Thätigkeit des Wassers stattgefunden. Diese Ansicht stützte sich auf folgende Wahrnehmungen:

1) Blätterdurchgänge der Mergel.
2) Das Anschmiegen derselben an alle Unebenheiten der Wände und Blöcke.
3) Die Lage des Knollenhorizontes.
4) Erhaltungszustand einzelner Fossilien.

Die eckigen Blöcke sind in die Taschen hinabgestürzt.

Diesen Frühling hatte nun Hr. Dr. Schardt in Montreux die Freundlichkeit, mit mir die wichtigsten Aufschlüsse in unserem Gebiet zu besuchen. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Hauterivientaschen geschenkt. Verschiedene neue Beobachtungen, sowohl das Füllungsmaterial der Taschen, als auch das einschiessende Gestein betreffend, bestätigen die schon früher von dem genannten Autoren ausgesprochene Ansicht (Pag. 190) über die Entstehung und Ausfüllung dieser interessanten Höhlungen im untern Valangien. Hr. Dr. Schardt hatte die Güte, in einer Mitteilung die Resultate der Untersuchung zusammen zu fassen; er schreibt mir:

«Als ich zufälligerweise bei Gelegenheit Ihres Vortrages an einer Sitzung der naturf. Gesellschaft in Bern Ihre Auffassung über die fraglichen Einlagerungen von Hauterivien-Mergel im untern Valangien hörte und dabei Ihre genau ausgeführten Zeichnungen und Profile mehrerer derselben zu Gesicht bekam, war ich beinahe von der Unrichtigkeit meiner frühern Ansicht überzeugt. Ich beglückwünschte Sie damals, diesem streitigen Punkt eine befriedigende Lösung geschaffen zu haben, indem Sie so recht klar darlegten, wie diese Hauterivemergel samt Fossilien, mit Valangien- und Limonitblöcken gemengt, in die Aushöhlungen im untern Valangien hineingeschwemmt worden seien und zwar zu einer Epoche, welche der Gletscherzeit und wahrscheinlich auch der Molassezeit vorausgesetzt werden müsse, indem weder Gletschergeschiebe, noch Molassegestein darin vorkämen.

So logisch auch Ihre Auslegung schien, so blieb mir doch ein kleiner Zweifel übrig, besonders da neuerdings Herr Rollier von seiner frühern Annahme zurücktritt und die Entstehung der Hauterivientaschen mit der Bohnerzbildung in Verbindung bringen will, also eine vierte, von den frühern ganz verschiedene Erklärung. Ich beschloss somit, die wichtigsten von den neuerdings von Ihnen untersuchten Stellen zu besuchen. Sie waren auch so freundlich, mich vergangenen April dahin zu begleiten und zu führen.

Die schönste dieser Hauterivientaschen ist unbedingt die Aushöhlung «La Baume» genannt. Der Hauterivien-Mergel liegt scheinbar parallel zwischen zwei mächtigen Schichten von unterem Valangien, bestehend aus einem hellgelben, fast weissen, dichten Kalk. Der Hauterivien-Mergel ist zum Teil herausgewittert, zum Teil wohl ausgehoben worden, so dass das hängende Valangien-Lager einen dachartigen Vorsprung bildet, weshalb wohl die Stelle «La Baume» genannt wird.

Der Hauterivien-Mergel ist dem Aussehen nach ganz wie normal eingelagert; die darin enthaltenen Fossilien sind nicht gerollt; sie sitzen ganz wie im frischen Gestein, so dass man die frühere Auslegung von Hrn. Rollier, wenn zwar nicht begründet, aber doch begreiflich finden möchte, nämlich diese Einlagerungen seien so entstanden, dass zur Zeit der Entstehung des obern Valangien eine aktive submarine Erosion Höhlungen im untern Valangien erzeugt habe, welche dann später von Hauterivien-Mergel ausgefüllt worden seien. Dagegen sprächen auch nicht einmal die verhandenen Brocken von unterem Valangien-Kalk, von Limonit und Calcaire roux.

Diese ganz scharf hervortretende Thatsache, die scheinbar normale Einlagerung dieser Mergel im untern Valangien, das Fehlen von sekundärer Schichtung, wie sie ja bei aufgewühltem und eingeschwemmtem Material vorkommen müsste, alles das beweisst, *dass wir es hier nicht mit eingeschwemmtem Hauterivien-Material zu thun haben.* Die von Ihnen begründete Anschauung, welche mir zuerst so einfach schien, wird somit hinfällig, desgleichen auch der jüngst von Herrn Rollier zur Geltung gebrachte Zusammenhang mit der Entstehung der Bohnerzthone. Die Einlagerung von La Baume bei Bipschal, diejenigen etwas südwestlicher neben einem Steinbruch, dann die Einlagerung in der Cros sind ebensowenig wie die von Vingelz durch Einschwemmen entstanden; es sind normale, nicht aufgewühlte Hauterivien-Mergel!

Eine nähere Untersuchung hat uns dann gezeigt, und es hat mich gefreut, diese Beobachtungen mit Ihnen zu verfolgen, dass der Kontakt mit dem Valangienkalk nirgends einen allmäligen Übergang zeigt, sondern dass derselbe schroff und plötzlich ist, nicht etwa wie bei normal aufeinander folgenden Schichten. Derselbe ist oft uneben, höckerig; der Valangienkalk dringt zackenartig in den Hauterivien-Mergel hinein, und an diesen Stellen besonders ist zu beachten, wie die Oberfläche des harten Kalkes abgerundet, abgeschliffen und geschrammt ist; auch einzelne Brocken, besonders im liegenden und im hängenden häufigen Valangienkalke, zeigen diese Abrundungen und Schrammen. Der Kontakt mit dem Valangienkalk zeigt noch eine weitere Eigenschaft; gerade wie der letztere zackenartig in die Hauterivien-Mergel hineinragt, so dringt der Mergel oft apophysenartig in die Risse und Vertiefungen des Valangienkalkes hinein, gerade so, als ob derselbe *hineingepresst* worden sei. In der That ist denn auch die Struktur des Mergels etwas verschieden; er sieht schiefrig und blättrig aus.

Schenkt man dem sonst ganz normal aussehenden Mergel etwas mehr Aufmerksankeit, so beobachtet man bald, dass derselbe durchweg von geradlinigen oder mehr oder weniger parallelen, auch schief zu einander stehenden und oft sich kreuzenden Blätterdurchgängen, recht deutliche Rutschflächen darstellend, durchzogen ist. Dieses eingelagerte Mergelgestein zeigt also, nirgends schöner als in der Baume, überall das Gepräge einer in das untere Valangien hineingepressten Hauterivienmasse. Die Schrammung und Abrutschung am Kontakt mit dem untern Valangien, die dem Kontakt entlang so häufigen und durch Gleiten auch abgerundeten Bruchstücke von oberem und unterem Valangien, sind zu schlagende Beweise, welche dafür sprechen, dass diese Erscheinung auf eine tektonische Einwirkung zurückzuführen sei.

Ich komme somit zu dem Schluss, dass die von Herrn Rollier früher angenommene Hypothese einer normalen Einlagerung nicht die wahrscheinlichere und dass vielmehr die von mir ausgesprochene Ansicht die richtige sei, nämlich, dass es sich hier um Fetzen von Hauterivien-Mergel handle, welche zur Zeit der Gebirgsbildung in Höhlungen des untern Valangien hineingerutscht seien. Unsere gemeinschaftliche Untersuchung erlaubt sogar, diese Auslegung noch genauer auszudrücken: Diese Hauterivienfetzen sind wohl nur zum Teil durch blosses Hineinrutschen in diese Höhlungen geraten, vielmehr *sind sie wahrscheinlicherweise auch zur Zeit der Faltung und durch die gebirgsbildende Kraft selbst in diese Lage gebracht worden.* Der mechanische Prozess kann entweder durch Verwerfungen und nachherigen Zusammenschub, durch Abgleiten der in jenem Gebiet sehr steil stehenden Schichten und auch durch schwache Überschiebungen dargestellt werden. Für eine dieser letztgenannten Entstehungsweisen spricht besonders die Hauterivientasche beim Steinbruch südwestlich von La Baume, wo auf der Fortsetzung der Einlagerung der Hauterivien-Mergel eine *Dislokationsbreccie schönster Art* im Valangien sich zeigt. Der Hauterivienmergel selber ist daselbst wie zerrieben.»

Weitere Untersuchungen haben mich dazu geführt, die frühere Ansicht fallen zu lassen und Hrn. Dr. Schardt vollständig beizupflichten. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, ihm für seine Freundlichkeit und wertvolle Unterstützung und für das Wohlwollen, das er mir stets entgegenzubringen die Güte hat, den wärmsten Dank auszusprechen.

Auf die Dislokationsbreccie westlich der Baume ist von Hrn. Dr. Schardt am Schlusse seiner Mitteilung aufmerksam gemacht worden. Auch anderorts sind Erscheinungen zu beobachten, die beweisen, dass

im untern Valangien Dislokationen stattgefunden haben. Eine Stelle westlich von Tüscherz bietet schöne Harnische. (Vide Tafel I.)

Die Kalke sind gegeneinander verschoben; die Rutschfläche bildet einen bedeutenden Winkel mit den Schichtflächen. Der Mergelkalk m bietet zerdrückte Fossilien *(Terebratula valdensis, Natica Sautieri, Nerineen, Cardien, Toxaster granosus, Pygurus Gillieroni).*

Die äussern Schichten der Hüttenfluh (unteres Valangien) ob Twann stehen senkrecht, während die untern stark nach Süden fallen (bester Überblick von der Dessenbergstrasse aus). Die Kalkbänke klaffen nach oben stark auseinander, und es liegt die Vermutung nahe, es sei die Spalte durch Hauterivien-Mergel gefüllt worden. Eine bedeutende Schuttdecke macht eine Untersuchung der tiefern Partien unmöglich.

Über die Bohnerzformation (terrain sidérolithique).

Die Untersuchung der Bohnerzformation ist ein sehr schwieriges Problem; die Frage nach dem Alter und der Entstehung der Pisolithen, des Bolus, des Huppers und der Quarzsande ist nicht endgültig entschieden. Die genannten Bildungen werden in das Alttertiär eingereiht (Parisien), weil an verschiedenen Punkten (Mormont bei La-Sarraz, Münster im Bernerjura, Egerkingen) eocäne Säugetierreste entdeckt worden sind, die durch die transportierende Thätigkeit des Wassers mit dem Sidérolithique-Material in die Spalten und Höhlungen der Kreide- und Juraschichten (crevasses sidérolithiques de remplissage) gelangt sind.

Die dem See entlang vorkommenden Überreste der Bohnerzstufe finden sich in den Kalken der Jura- und Kreideformation und bestehen:

1) in den sog. Pyriten
2) in Spalten und Höhlungen, die mit rotem oder grünlichem Bolus und Quarzmaterial gefüllt sind.
3) in stark imprägnierten Kalken und Mergelkalken.

Die eigentlichen Pisolithen mit konzentrischen Schichten fehlen. Dagegen finden sich ziemlich häufig im Rebgebiet, besonders in den Hauterivienmergeln, die sog. Pyrite von Erbsen- bis Nussgrösse. Aus dem Vorkommen der Pyrite in den Hauterivienmergeln glaubte Gressly schliessen zu dürfen, es seien das terrain sidérolithique und die untere Kreide gleichaltrig.

1) *Brunnmühle.* Zwischen Kleintwann und der Brunnmühle fand sich in den Reben über der Strasse (Bégine), nachdem die Oberflächenschicht mit reichlichem Erratikum abgehoben war, eine etwa 0.8 m- mächtige Bolusschicht, welche auf dem untern Valangien ruhte. Die Kalke, welche eine ziemlich dicke Verwitterungsrinde aufwiesen, wurden gesprengt und es kamen Spalten mit Bolus zum Vorschein. Weder Pisolithen noch Pyrite konnten beobachtet werden.

2) *Twannbachschlucht.* In den Kimméridgienkalken der obern Partie der Schlucht sind schmale, nach allen Richtungen verlaufende Spalten mit rotem und grünlichem Bolus, ohne Eisenkörner zu beobachten.

3) *Strasse von Schernelz nach Lamligen.* Hier treffen wir im Kimméridgien eine in der Richtung der Schichtflächen verlaufende Tasche von mehreren m. Länge, welche samt den vertikal dazu verlaufenden Spalten mit rötlichgelbem Bolus gefüllt ist, der Lamellen von fest zusammengekitteten Quarzindividuen aufweist.

4) *Sur les Moulets zwischen Prêles und den Mühlen.* In den schwach nach Norden fallenden Krebsscheerenplatten (Portlandien) ist ein senkrechter Kanal zu beobachten, der unter der Humusdecke beginnt und sich in eine horizontale Tasche erweitert, welche über einer kompakten Kalkbank sich hinzieht. Länge 3 m.; Höhe 1 dm. Die Tasche weist zwei schräg nach oben verlaufende Aussackungen auf. Die Wände der Tasche und der Aussackungen sind mit seifig anzufühlendem, rotem Bolus ausgekleidet. Die Hauptmasse des Füllungsmaterials besteht aus gelblichem Bolus, reichlich mit Quarzkörnern gemischt, auch als Lamellen auftretend. Keine Eisenkörner.

5) *Tüscherz.* In der Steingrube westl. der Ortschaft sind nach allen Richtungen verlaufende Fissuren und kleine Nester mit rotem, gelblichem, grünlichem Bolus in Mischung mit Quarzkörnern. Keine Eisenkörner.

Am «Büntelenschleipf» ob den Reben tritt das terrain sidérolithique unter ähnlichen Verhältnissen wieder im obern Portlandien auf.

6) *Alfermée.* Im Portlandien an der Strasse westl. der Ortschaft ist durch einen kleinen Absturz eine Spalte von $1^1/_2$ m. Breite freigelegt worden. Sie enthält neben einigen Brocken aus Portlandkalk namentlich viele eckige Gesteinstrümmer des untern Valangien, welche durch ein kalkiges Bindemittel von gelblicher Färbung fest zusammen gebacken sind. Darin finden sich zahlreiche Eisenkörner von Erbsen- bis Nussgrösse.

7) *Gottstatterhaus.* Zwischen Gottstatterhaus und Bahnübergang sind die Kalke und Mergelkalke des untern Valangien an mehreren Punkten stark mit Eisen imprägniert, und es treten, wenn auch nicht zahlreich, kleine Pyrite auf.

8) *Goldberg.* Stark imprägnierte Mergelkalke finden sich westl. vom Fussweg in die Goldbergreben im untern Valangien.

In ähnlicher Weise tritt das terrain sidérolithique dem ganzen Südfusse des Jura entlang auf. In den Gruben von Hauterive (Hauterivien supérieur) ist eine nach oben sich erweiternde Spalte zu beobachten, deren Wände mit grünlichem, seifig anzufühlendem Bolus ausgekleidet sind. Das Füllungsmaterial ist ein roter, quarzreicher Bolus. Die darin auftretenden Gesteinsfragmente sind ebenfalls mit einer Kruste aus grünlichem, seifigem Bolus versehen. Ohne Eisenkörner. In der Taubenlochschlucht ob Bözingen ist es das Kimméridgien mit Ceromya excentrica Ag., das eine Masse von Spalten und Höhlungen mit Bolus aufweist. Lengnau ist schon lange durch seine Huppergruben bekannt. Es ist dies wohl der geeignetste Punkt, um die Erscheinungen des terrain sidérolithique, wie sie dem Südfusse des Jura eigen sind, kennen zu lernen.

Hauptzüge aus der Entwicklungsgeschichte unseres Geländes.

Die Kalk- und Mergelschichten der Jura- und Kreideformation sind Niederschläge früherer Meere; diese Sedimente mit ihren organischen Einschlüssen sind später zu Gewölben aufgefaltet worden. Von der Zeit an, da die Jurafalten als Festlandbildung über dem Meeresspiegel auftauchen, hat die Erosion dieselben energisch in Angriff genommen und eine Modellierarbeit ausgeführt, deren Resultat sich heute in dem feinern Relief des Jura darbietet. Durch die Wirkung der erodierenden Kräfte sind ganze Stufen verschwunden. So ist nachgewiesen, dass das Portlandien östlich einer Linie Pruntrut-Münster - Solothurn nicht mehr entwickelt ist. Die Ostgrenze für Kreide und Purbeck finden wir in der Gegend von Biel. Diese Erscheinungen haben früher eine Erklärung gefunden in der Annahme, es sei der nordöstliche Jura schon gegen das Ende der Juraepoche durch den Faltungsprozess über den Meeresspiegel gehoben werden. (Greppin[2] Pag. 222). Sehen wir ab von diesen unsichern Grenzbestimmungen der alten Meere und lassen wir in erster Linie die Paläontologie sprechen!

Im Kimméridgien und in den untern Portlandschichten finden wir eine ausgesprochene marine Tierwelt *(Nerinea, Natica, Pterocera)*. In den Dolomies portlandiennes treten einige Brackwasserformen auf; in den Purbeckschichten treffen wir neben Bewohnern brakischer Gewässer namentlich Süsswasserrepräsentanten. Dieser Wechsel der Tierwelt spricht für eine Änderung der hydrologischen Verhältnisse. Die Umgestaltung derselben lässt sich durch eine langsam fortschreitende Hebung des Meeresgrundes erklären, die zur Bildung einer Lagunenlandschaft führte. Das seichte Purbeckbassin bot jedenfalls eine Menge von kaum über das Wasser hervorragenden Inseln, die zeitweise wieder überschwemmt wurden. Die Inseln und ihre flachen Ufer haben sich mit einer Reihe von Wasser- und Sumpfpflanzen geschmückt. Durch Gewässer, von bestehenden Festlandmassen herkommend, wurden diese Lagunen mehr oder weniger ausgesüsst. Unter solchen Verhältnissen dürften sich die Purbeckschichten gebildet haben. Die sandigen Mergel und namentlich die fast nagelfluhartigen Kalke in der obern Partie unserer Purbeckaufschlüsse sind eine Litoralbildung. Aber auch die Repräsentanten der Fauna weisen auf die Nähe des Ufers hin. Ihre Verwandten der Jetztzeit leben an Pflanzen der Seeufer oder in langsam fliessenden Bächen. Ähnliche Verhältnisse dürfen wir für ihre Vorläufer der Purbeckzeit voraussetzen. Von Pflanzen kennt man bis jetzt aus dem Purbeck allerdings nur eine Armleuchtersorte Chara Jaccardi. Die Purbeckschnecken haben offenbar an den Pflanzen in der Nähe der Ufer gelebt; ihre Gehäuse sind da an Ort und Stelle vom Schlamme eingehüllt worden; vom Wasser können diese dünnschaligen Formen nicht auf grössere Strecken transportiert worden sein; sie wären zertrümmert worden. Mit den genannten Schnecken finden sich in der nämlichen Schicht Schalenfragmente von Acephalen; diese stammen offenbar aus den tiefern Partien der Lagunen, wo die Existenzbedingungen für diese Mollusken, mehr oder weniger brackiges Wasser und schlammiger Untergrund, gegeben waren. Unsere Gegend bildete auch einen Teil dieser Purbecklandschaft. Obgleich in der Nähe von Biel die östlichsten Purbeckaufschlüsse zu treffen sind, so ist keineswegs sicher, dass das Purbeckbassin sich nur bis dorthin erstreckte. Man kann eben aus der horizontalen Ausdehnung der Stufen, wie sie die Jetztzeit bietet, nicht mit Sicherheit auf die frühere Ausdehnung der Sedimente schliessen. Es ist ja denkbar und sogar wahrscheinlich, dass das Purbeck noch weiter nach Osten deponirt wurde, aber durch die intensive Erosion mit der Kreide abgetragen worden ist.

Wir wissen, dass auf die Purbeckschichten die Kreidebildungen folgen mit mariner Fauna. Es muss also die Purbecklandschaft eine bedeutende Senkung erlitten haben, die eine Rückkehr des tiefen Meeres zur Folge hat. Es bilden vorerst sich die Schichtenkomplexe, die wir unter dem Namen des untern Valangien zusammengefasst haben. Da diese Sedimente dem Bielersee entlang in jeder Beziehung übereinstimmen mit denen der westlichen Gebiete, so muss das Meer gleiche Tiefe, überhaupt ähnliche Verhältnisse aufgewiesen haben wie das in der Westschweiz. Hätte nun in der Gegend östlich von Biel das problematische Jurafestland wirklich existiert, was aus dem vollständigen Fehlen der Kreide gefolgert werden könnte, so würden wir nicht bis nach Biel so konstante Verhältnisse im untern Valangien finden, sondern es müssten diese Sedimente in Bezug auf Paläontologie und Petrographie den Charakter von Litoralbildungen tragen. Das Kreidemeer hat jedenfalls auch über Biel hinaus noch Niederschläge gebildet, die jetzt aber verschwunden sind. — Die Gasteropoden der untern Kreide gehören alten Geschlechtern an *(Nerinea, Natica, Pterocera)*, die schon das Jurameer bevölkert haben; die Formen aber sind neue. Dagegen treten ganz neue Echinodermatengeschlechter auf, wie z. B. Toxaster. Von den 52 bis jetzt bekannten Echinidenspecies der Valangienstufe ist keine aus der Juraformation bekannt. Das Meer scheint den Cephalopoden wenig günstige Existenzbedingungen geboten zu haben. Zur Zeit der Limonitbildung werden die Brachiopoden zahlreicher, und es stellen sich Ammoniten und Acephalen ein. Das tierische Leben zeigt an einzelnen günstigen Punkten eine staunenswerte Entfaltung. Die Seeigel sind ebenso zahlreich, wie früher. Die Sedimente der Limonitzeit sind durch ihren grossen Eisengehalt charakterisiert.

Auf das Valangien folgen die Hauterivienmergel. Das ruhige, jedenfalls wenig tiefe Meer hat namentlich den Acephalen günstige Existenzbedingungen geboten; denn diese stellen sich in zahlreichen Geschlechtern und grosser Individuenzahl ein. Wir haben gesehen, dass die gelben Mergel östlich von Landeron, namentlich in den höhern Lagen der Gewölbe, wo ihre Mächtigkeit nur noch unbedeutend zu sein scheint, direkt auf dem obern Valangien aufruhen. Die grauen Mergel haben ihre Farbe allmälig gegen die hellgelbe ausgetauscht, wahrscheinlich infolge des bedeutenden Gehaltes an Feuchtigkeit (Oxydationserscheinung). In Landeron sehen wir die gelben apophyenartig in die grauen eindringen, und es lassen sich verschie-

dene Farbennuancen zwischen grau und gelb unterscheiden. In der Cros bei Twann treten in den gelben Mergeln kleinere und grössere Knollen auf, die noch ihre ursprüngliche graue bis bläuliche Farbe aufweisen.

Mit der Bildung des Pierre de Neuchâtel tritt das Gelände am Bielersee als Festland aus dem Meere hervor, während das Gebiet des westlichen Jura noch vom Meere in Beschlag genommen ist. Hier bilden sich die Schichtenkomplexe, die als Urgonien bezeichnet werden und die dem Bielersee entlang fehlen. Auf dem entstandenen Festland hat die Erosion sofort das Werk der Abtragung begonnen. Dass wirklich eine starke Ablation der untern Kreide stattgefunden, beweist der Umstand, dass die Cenomanstufe auf verschiedenen Unterlagen konstatiert werden kann. Oberhalb Alfermée ruhen die rosenroten Cenoman-Kalke auf dem untern Valangien. In geringer Entfernung treten das obere Valangien und die Hauterivestufe auf. Der Pierre de Neuchâtel, die Hauterivemergel, der Limonit sind auf grosse Strecken abgetragen worden, anderorts sogar sämtliche Kreideglieder. Es musste also vor Beginn der Cenomanepoche unser Gelände längere Zeit als Festland einer intensiven Erosion ausgesetzt sein. Die Möglickeit der Rückkehr des Meeres kann durch Annahme einer Senkung des früher gehobenen Kreideareals erklärt werden. In diesem Falle müssten die Cenomansedimente mehr oder weniger diskordant auf den verschiedenen Unterlagen ruhen. Leider sind die wenigen Aufschlüsse so beschaffen, dass die Frage bis jetzt nicht mit Sicherheit entschieden werden kann.

In den Sandsteinen zwischen Tüscherz und Wingreis haben wir Sedimente miocänen Alters kennen gelernt. Anderorts finden wir zwischen Kreide und Mitteltertiär noch eine Reihe eocäner Bildungen. Diese fehlen bei uns. Die Molasse scheint auf dem Hauterivien zu ruhen. Die Cenomankalke und vielleicht auch eocäne Bildungen sind verschwunden. Es lässt sich also für die Eocänzeit eine starke Abtragung durch Erosion konstatieren.

Die miocänen Sedimente sind die jüngsten Gebilde, die durch den Faltungsprozess eine Störung in ihrer ursprünglichen Lagerung erlitten haben. Das Relief des Jura datiert somit aus der Pliocänzeit.

Später hat der gewaltige Rhonegletscher seinen Eismantel über unser Gelände ausgebreitet; sprechende Zeugen hat er hinterlassen in den zahlreichen Findlingen, die in grosser Zahl über unser Gebiet zerstreut sind. Die Mulden sind reichlich mit Geschiebematerial be-

dacht worden. Jahrhunderte lang hat der Landmann schon seinen Nutzen daraus gezogen. Und heute noch ist der Verwitterungsprozess in diesen glacialen Ablagerungen in vollem Gange; darum ist der so entstandene Boden so produktiv, und es darf der Landwirt mit Bachmann sagen: «Unter meinem Acker liegt noch ein zweiter!» So hat der Gletscher für eine erfolgreiche Landwirtschaft das richtige Terrain geschaffen.

Eine geologische Exkursion in unserem Gebiete.

Ein Exkursionstag genügt, um die wichtigsten Beobachtungspunkte zu besuchen und sich einen Überblick zu verschaffen über die Terrainverhältnisse längs des Bielersees. Eine kurze Orientierung wird dem Beobachter sehr zu statten kommen und dürfte daher willkommen sein. Es ist zweckmässig, die Exkursion in Landeron zu beginnen.

1) *Landeron.* Ein Bach hat die Kreidebildungen quer durchsägt, bei der neuen Reservoiranlage bis auf das untere Valangien. Wir beobachten bei der Kapelle beginnend:

A.	Braungelbe, spatreiche Kalke in meist dünnen Bänken mit Fragmenten von Fossilien *(Eudesia semistriata)*	Oberes Hauterivien.

Am Wege von der Säge nach Combes und östlich der Kapelle. (Hier interessante Spongienfacies.)

B.	1. Gelbliche Mergelkalke mit *Toxaster complanatus.* 2. Gelbliche Mergel. 3. Blaue Mergel mit Kalkkonkretionen.	Unteres Hauterivien.

Serie B rechts vom Bache, am Eingang in das Erosionstälchen; zahlreiche Petrefakten.

C.	1. *Limonit* und *Calcaire roux* längs des Baches mit *Terebratula Carteroni* und *valdensis, Thracia Nicoleti, Pholadomya elongata, Lima dubisiensis.* 2. Graues Mergelband *(Marnes d'Arzier) mit Rhynchonella valangiensis* und *Natica Sautieri.*	Oberes Valangien.
D.	Marbre bâtard im Bachbett und rechts der neuen Weganlage.	Unteres Valangien.

Wir verweisen für die Details auf die schon früher erwäh
Studie von P. de Loriol et Gilliéron, worin auch ein detailliertes P
zu finden ist.

2) *Ligerz, Bipschal.* Hinter der Baume eine schöne Hauteriv
tasche im marbre bâtard. Westlich von Bipschal Mergelkalk des
tern Valangien unter dem marbe bâtard; letzterer sehr typisch
wickelt; ersterer mit zahlreichen, allerdings nicht sehr gut erhalte
Petrefakten, besonders *Nerinea Etalloni.*

3) *Twann.* Aufstieg von Kleintwann zur Twannbachschlucht.
beobachten successive a) Unteres Valangien (isolierter Block: Ank
balle), b) Purbeckdepression, c) *Dolomies portlandiennes.* In
Schlucht: Portlandien bis zur Pulverstampfe; dann Kimméridgien
dem Nerineen- und Bryozoënkalk. Weiteres siehe Twannbachschlu
Aufstieg bis zur Dessenbergstrasse. Hier an 3 Punkten hübsche S
chungen. Hinter der Burgfluh die Krebsscheerenplatten. Gegen
Gaichterfeld ob der Strasse Limonit mit zahlreichen Spongien. Im C
thälchen die gelben Hauterivemergel mit *Terebratula acuta* und *Rhy*
multiformis, ferner den marbre bâtard (unt. Val.) mit einer Hauterivi
tasche. Abstieg durch den Crosweg gegen die Kirche. An der Hau
strasse, etwas östl. vom Schulhaus das obere Hauterivien (Pierre
Neuchâtel) mit *Bryozoën* und *Eudesia semistriata.*

4) *Tüscherz.* Westl. und östl. der Ortschaft über der Stras
gute Purbeckaufschlüsse. Graue Mergel mit Planorben; *Calcaire*
cailloux noirs. Übergang vom Purbeck zur untern Kreide.

5) *Alfermée.* Östl. der Wirtschaft Laube die grauen Mergel d
untern Valangien mit *Pterocera Jaccardi, Aporrhais valangiensis.*

6) *Rusel, Gottstatterhaus.* Ruselsteinbruch im Valangien; Haut
rivientaschen mit Fossilien. Östl. vom Bahnübergang Mergelkalk m
zahlreichen Fossilien des untern Valangien: *Terebr. valdensis, Wal*
heimia pseudojurensis (forme valangienne), *Pterocera Jaccardi, Natic*
Pidanceti, Toxaster granosus und Phyllobrissus Duboisi.

Bis zum Gottstatterhaus zahlreiche Spuren des terrain sidéro-
lithique.

7) *Vingelz.* Purbeck mit Fossilien. Östl. dieses Aufschlusses
Portlandien. (Siehe Profil von Maillard in seiner Dissertation: Étude
sur l'étage Purbeckien dans le Jura, Pag. 7.)

Litteratur-Verzeichnis.

1. **Du Pasquier.** Sur les limites de l'ancien glacier du Rhône le long du Jura. Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel. Tome XX. 1891—92.
2. **Greppin.** Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. 8me livraison. 1870.
3. **Jaccard.** Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. 6me livraison. 1869.
4. **Loriol & Gilliéron.** Monographie paléontologique et stratigraphique de l'étage Urgonien inférieur du Landeron. 1869.
5. **Loriol & Jaccard.** Étude géologique et paléontologique de la formation d'eau douce infracrétacée du Jura et en particulier de Villers-le-Lac. 1865.
6. **Maillard.** Étude sur l'étage Purbeckien dans le Jura. Dissertation inaugurale. 1884.
7. **Maillard.** Quelques mots sur le Purbeckien du Jura. 1885.
8. **Rollier.** Excursion de la Société géologique suisse au Weissenstein et dans le Jura bernois, du 8—11 Août 1888. Actes de la Société helvétique des sciences naturelles. 1888.
9. **Rollier.** Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. 8me livraison. Ier supplément. 1893.
10. **Schardt.** Études géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura. (Chaîne du Reculet-Vuache.) 1891.

NB. Die im Text vorkommenden Ziffern bei den Autor-Namen beziehen sich auf die Nummern dieses Litteratur-Verzeichnisses.

C. Wagner.

Beiträge

zur

Entwicklung der Bessel'schen Funktion I. Art.

Vorbemerkung.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung meines verehrten früheren Lehrers, Herrn Prof. Dr. J. H. Graf in Bern, unternommen. Sie ist im allgemeinen eine Abhandlung historisch-analytischen Inhaltes und will im Zusammenhange kurz die Entwicklung der für Mathematiker, wie Physiker und Astronomen gleich wichtigen Bessel'schen Funktion erster Art von ihrer Einführung in die Wissenschaft an bis zum Jahre 1858 darstellen, die Eigenschaften derselben klarlegen und ihre hauptsächlichsten Anwendungen kurz vorführen.

Abschnitt I enthält die Resultate der diesbezüglichen Forschungen von Fourier (Darstellung der Bessel'schen Funktion als bestimmtes Integral, Fourier'scher Satz) und Poisson (Reihenentwicklung, Konstantenbestimmung u. s. w.). Im Abschnitt II wird sodann auf die grundlegende, diese Materie betreffende Arbeit von Bessel näher eingegangen, ferner werden die Beziehungen, welche er gefunden hat, abgeleitet und die Anwendung dieser Transcendenten auf die Mittelpunktsgleichung gezeigt. Abschnitt III ist der Schilderung jener interessanten und eleganten Methode gewidmet, welche Jacobi anwandte, um aus ganz allgemeinen Betrachtungen die Bessel'sche Funktion herzuleiten. Abschnitt IV beleuchtet im näheren die Verdienste von Hansen und Anger, gibt neue Darstellungsarten und Beziehungen der Funktion

(gebrochener und imaginärer Index) und leitet nochmals in einfachster Weise vollständig die Mittelpunktsgleichung ab. Abschnitt V endlich weist auf die Resultate hin, welche Schlömilch erhalten hat, und ist vorzugsweise der Betrachtung jenes unter dem Namen «Schlömilch'scher Lehrsatz» bekannten Theorems gewidmet.

Bei der Bearbeitung dieses Stoffes wurde auf möglichste Kürze und Exaktheit der grösste Wert gelegt; deshalb blieben jegliche historische Notizen, welche anderswoher leicht zu entnehmen sind, von der Aufnahme in vorliegende Arbeit ausgeschlossen. Dafür wurde aber auf genaue, wenn auch oft nur angedeutete Durchführung der Nebenrechnungen Rücksicht genommen, weil ich öfters, namentlich beim Studium der Bessel'schen Arbeiten, fand, wie mühsam und zeitraubend es unter Umständen sein kann, derartige fehlende Zwischenrechnungen zu ergänzen.

Von der Herleitung vieler Gleichungen, von denen ich auszugehen gezwungen war, musste indessen, um die Einheit vorliegender Arbeit nicht zu stören, abgesehen werden; ihre Ableitung kann in den am Schlusse angegebenen Schriften eingesehen werden.

Um sich leichter auf bereits gefundene Gleichungen beziehen zu können, wurden einige derselben numeriert; eine sonstige engere Zusammengehörigkeit soll damit nicht ausgedrückt sein.

Die Bessel'sche Funktion erster Art für das Argument x und den Index n sei ausgedrückt durch:

$$y = \overset{n}{J}(x);$$

sie ist als partikuläre Lösung der Gleichung:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{dy}{dx} + \left[1 - \frac{n^2}{x^2}\right] y = 0$$

anzusehen, welche die Differentialgleichung oder Definitionsgleichung der Bessel'schen Funktion erster Art genannt wird.

Für den Specialfall: $n = 0$ wird:

$$y_1 = \overset{0}{J}(x)$$

und die entsprechende Differentialgleichung lautet:

$$\frac{d^2y_1}{dx^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{dy_1}{dx} + y_1 = 0.$$

I.

Fourier war zweifellos der erste, welcher derartige mit den Bessel'schen Transcendenten übereinstimmende Funktionen herleitete, und zwar in seiner: «Théorie analytique de la chaleur», welche 1822 erschien. Im Kapitel VI, das er mit «Du mouvement de la chaleur dans un cylindre solide» überschrieb, findet er derartige Beziehungen, und zwar ausgehend von den Gleichungen:

$$1)\ \frac{dv}{dt} = \frac{K}{CD}\left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dv}{dx}\right) \text{ und } 2)\ \frac{h}{K}v + \frac{dv}{dx} = 0,$$

welche die Wärmebewegung in einem festen Cylinder von unendlicher Länge darstellen.

In diesen Gleichungen bezeichnet x den Radius eines cylindrischen Ringes, dessen Punkte sämtlich den gleichen Abstand von der Axe besitzen; v die Temperatur, welche alle Punkte im Abstande x von der Axe nach einer Zeit t, vom Beginn der Abkühlung an gerechnet, besitzen sollen; C, D und K sind Konstanten, und zwar bezeichnet C die specifische Wärme, D die Dichtigkeit und K die Einheit der Wärmemenge. Es ist demnach v sowohl eine Funktion von t als auch von x.

Um vorstehende Gleichungen zu integrieren, gibt Fourier für v folgenden sehr einfachen Wert. Er setzt analog der gewöhnlichen Auflösungsmethode

$$v = e^{-mt}u,$$

wobei m irgend eine Zahl und u eine Funktion von x ist.

Aus Gleichung 1) entsteht alsdann:

$$3)\ \frac{m}{k}u + \frac{d^2u}{dx^2} + \frac{1}{x}\cdot\frac{du}{dx} = 0,$$

wobei: $\frac{K}{CD} = k$ gesetzt ist.

Als Wert für u, welcher dieser Gleichung 3) Genüge leistet, findet Fourier folgenden:

$$4)\ u = 1 - \frac{1}{2^2}gx^2 + \frac{1}{2^2\cdot 4^2}g^2x^4 - \frac{1}{2^2\cdot 4^2\cdot 6^2}g^3x^6 \pm \cdots$$

wobei $g = \frac{m}{k}$ ist.

Gleichung 3) stimmt mit der früher angegebenen Definitionsgleichung für die Bessel'sche Funktion erster Art in der Struktur

vollkommen überein. Wie leicht zu ersehen ist, ist sie die Differentialgleichung für $\overset{0}{J}(x\sqrt{g})$. Mithin wird:

$$4^a)\quad \overset{0}{J}(x\sqrt{g}) = 1 - \frac{1}{2^2}\,g\,x^2 + \frac{1}{2^2\cdot 4^2}\,g^2\,x^4 - \frac{1}{2^2\cdot 4^2\cdot 6^2}\,g^3\,x^6 \mp \cdots$$

Die Summe dieser Reihe findet Fourier mit Hülfe der nach ihm benannten Reihen und erhält schliesslich folgendes Resultat:

$$4^b)\quad \overset{0}{J}(x\sqrt{g}) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(x\sqrt{g}\sin r)\,dr = u,$$

welcher Wert bekanntlich mit der Normalform Bessels

$$\overset{n}{J}(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(x\sin r - n\,r)\,dr$$

übereinstimmt, wenn man $n = 0$ und $x\sqrt{g}$ für x substituiert.

Dieser Wert genügt also der Differentialgleichung 3) und behält auch einen endlichen Wert für x gleich Null.

Die Gleichung 2) geht durch Einsetzen des für v angegebenen Wertes über in:

$$2^a)\quad \frac{h}{K}\,u + \frac{du}{dx} = 0.$$

Diese Gleichung muss auch erfüllt sein, wenn x=X, gleich dem Radius des Cylinders wird. In diesem Falle erhält man:

$$5)\quad u = 1 - \frac{1}{2^2}\,g\,X^2 + \frac{1}{2^2\cdot 4^2}\,g^2\,X^4 \mp \cdots$$

Setzt man nun in Gleichung 2^a) für den Quotienten $\frac{h}{K}$ die Grösse h, so wird mit Berücksichtigung von Gleichung 5):

$$2^b)\quad h\left(1 - \frac{1}{2^2}\,g\,X^2 + \frac{1}{2^2\cdot 4^2}\,g^2\,X^4 \mp \cdots\right) = \frac{2}{2^2}\,gX - \frac{4}{2^2\cdot 4^2}\,g^2X^3 \pm \cdots$$

Setzt man ferner in Gleichung 5):

$$\vartheta = \frac{1}{2^2}\,g\,X^2$$

und bezeichnet mit $f(\vartheta) = y$ diese Funktion von ϑ, so wird:

$$6)\quad y = f(\vartheta) = 1 - \vartheta + \frac{1}{2^2}\,\vartheta^2 - \frac{1}{2^2\cdot 3^2}\,\vartheta^3 \pm \cdots$$

Multipliziert man weiter beide Seiten der Gleichung 2^b) mit $\frac{1}{2}\,X$, so erhält man nach einigen Umformungen:

$$\frac{1}{2} h X = \frac{\vartheta - \frac{2}{2^2}\vartheta^2 + \frac{3}{2^2 . 3^2}\vartheta^3 \mp \cdots}{1 - \vartheta + \frac{1}{2^2}\vartheta^2 - \frac{1}{2^2 . 3^2}\vartheta^3 \pm \cdots}$$

oder schliesslich:

$$7) \quad \frac{1}{2} h X + \vartheta \frac{f'(\vartheta)}{f(\vartheta)} = 0, \quad \text{wobei } f'(\vartheta) = \frac{d f(\vartheta)}{d \vartheta} \text{ bedeutet.}$$

Diese Gleichung gibt nun die verschiedenen Werte von ϑ, und jeder Wert von ϑ einen für g, wegen der bestehenden Relation

$$\vartheta = \frac{1}{2^2} g X^2.$$

Die einzelnen Werte mögen sein $g_1, g_2, g_3 \ldots\ldots$ Da nun schliesslich war:

$$g = \frac{m}{k},$$

so sind auch die Werte von m leicht zu bestimmen.

Fourier führt diese hier nur kurz angegebene Rechnung vollständig durch und findet als Werte für die einzelnen m schliesslich folgende:

$$m_1 = \frac{2^2 . k \vartheta_1}{X^2}; \; m_2 = \frac{2^2 . k \vartheta_2}{X^2}; \; m_3 = \frac{2^2 . k \vartheta_3}{X^2} \text{ u. s. w.}$$

Der Wert für u in Gleichung 4^b) wird alsdann:

$$4^c) \quad u = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos \left(2 \frac{x}{X} \sqrt{\vartheta_1} \sin r \right) dr$$

mithin

$$8) \quad v = e^{-mt} u = \frac{1}{\pi} e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_1}{X^2}} \int_0^{\pi} \cos \left(2 \frac{x}{X} \sqrt{\vartheta_1} \sin r \right) dr.$$

Setzt man nun jede der Wurzeln $\vartheta_1, \vartheta_2 \ldots\ldots$, so erhält man einen allgemeineren Wert für v, nämlich:

$$9) \quad \pi v = a_1 e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_1}{X^2}} \int_0^{\pi} \cos \left(2 \frac{x}{X} \sqrt{\vartheta_1} \sin r \right) dr$$

$$+ a_2 e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_2}{X^2}} \int_0^{\pi} \cos \left(2 \frac{x}{X} \sqrt{\vartheta_2} \sin r \right) dr$$

$$+ a_3 e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_3}{X^2}} \int_0^{\pi} \cos \left(2 \frac{x}{X} \sqrt{\vartheta_3} \sin r \right) dr + \ldots$$

Es bedeuten a_1, a_2, a_3 u. s. w. willkürliche Koeffizienten, welche noch zu bestimmen sind.

Die Gleichung 9) kann man mit Anwendung der Bessel'schen Bezeichnungsweise auch schreiben:

$$9^a) \quad v = a_1 e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_1}{X^2}} J^0\left(2\frac{x}{X}\sqrt{\vartheta_1}\right) + a_2 e^{-\frac{2^2 k t \vartheta_2}{X^2}} J^0\left(2\frac{x}{X}\sqrt{\vartheta_2}\right) + \cdots$$

Bei der Bestimmung von a_1, a_2 . . . . stellte Fourier den nach ihm benannten Lehrsatz auf, welcher für die Theorie der Bessel'schen Funktionen von grundlegender Bedeutung geworden ist. Derselbe lautet in allgemeiner Fassung: «Bezeichnet man die positiven Wurzelwerte der Gleichung:

$$z^{-m} J^m(z) = 0$$

ihrer Grösse nach geordnet mit ϑ_0, ϑ_1, ϑ_2 . . . ϑ_p . . ., so kann jede innerhalb der Grenzen 0 bis 1 gegebene Funktion $f(x)$ in eine nach $(\vartheta_p x)^{-m} J^m(\vartheta_p x)$ fortschreitende Reihe entwickelt werden».

Auf den Beweis dieses Satzes will ich hier nicht eingehen, obgleich ihn Fourier nur in etwas weitläufiger Form und zwar nur für den speciellen Fall $m = 0$ gegeben hat. Den allgemeinen Nachweis für seine Richtigkeit findet man bei Lommel in seiner Schrift: «Studien über die Bessel'schen Funktionen» (Seite 69).

Auf Grund dieses Satzes sind a_1, a_2 . . . a_p . . . leicht zu bestimmen, und zwar findet Fourier (wenn auch mit anderer Bezeichnungsweise) folgenden Wert für das allgemeine Glied a :

$$a_p = \frac{2}{\left[J^1(\vartheta_p)\right]^2} \int_0^1 x\, f(x)\, J^0(\vartheta_p x)\, dx,$$

wobei:

$$f(x) = \Sigma\, a_p\, J^0(\vartheta_p x) \text{ ist.}$$

Diese Werte werden alsdann in Gleichung 9a) eingesetzt, und damit ist v als Funktion der gegebenen Grössen vollständig bestimmt, und zwar durch die J^0- und J^1-Funktion von Bessel.

Auch Poisson kommt in seiner Abhandlung: «Sur la distribution de la chaleur dans les corps solides», welche er am 31. Dezember 1821 der Akademie der Wissenschaften zu Paris vortrug und welche im XIX. Heft des Journal de l'école polytechnique publiziert ist, auf derartige Funktionen.

Im dritten Abschnitte des citierten Werkes behandelt er die Wärmeverteilung in einem homogenen Cylinder, der in irgend einer Weise vorher erwärmt wurde und sich nun langsam abkühlt. Mit grossem Scharfsinne entwickelt er dabei diesbezügliche, oft recht komplizierte Formeln, und zwar zuerst für den allgemeinen und dann für die beiden speciellen Fälle, wo der Radius des Grundkreises ein Mal sehr klein und das andere Mal unendlich gross ist. Dabei findet er eine Integralformel, welche noch die veränderlichen Werte einer Grösse k enthält, die der Gleichung

$$1 - k + \frac{k^2}{(1.2)^2} - \frac{k^3}{(1.2.3)^2} + \frac{k^4}{(1.2.3.4)^2} \mp \ldots\ldots = 0$$

genügen muss.

Aus dieser Gleichung kann man zwar, bei dem kleinsten beginnend, nach und nach die ersten Werte für k bestimmen; bei den grösseren aber ist dies Verfahren schon schwieriger und unpraktischer, und Poisson gibt aus diesem Grunde eine andere Bestimmungsart an.

Er betrachtet k als eine stetige Variabele und setzt:

$$10) \qquad y = \int_0^{\pi} \cos(k \cos\omega)\, d\omega.$$

Differenziert man diese Gleichung nach k, so wird:

$$11) \qquad \frac{dy}{dk} = -\int_0^{\pi} \sin(k \cos\omega) \cos\omega\, d\omega,$$

und durch nochmalige Differentiation folgt:

$$12) \qquad \frac{d^2y}{dk^2} = -\int_0^{\pi} \cos(k \cos\omega) \cos^2\omega\, d\omega.$$

folglich

$$y + \frac{d^2y}{dk^2} = \int_0^{\pi} [\cos(k \cos\omega) - \cos(k \cos\omega) \cos^2\omega]\, d\omega$$

$$= \int_0^{\pi} \cos(k \cos\omega) \sin^2\omega\, d\omega.$$

Durch teilweise Integration nach der bekannten Formel:

$$\int u\, dv = uv - \int v\, du,$$

wobei: $u = \sin\omega$, und $dv = k \cos(k \cos\omega) \sin\omega\, d\omega$ zu setzen ist, findet man:

$$k\int_0^{\pi}\cos(k\cos\omega)\sin^2\omega\,d\omega=\int_0^{\pi}\sin(k\cos\omega)\cos\omega\,d\omega.$$

Mithin wird:

$$y+\frac{d^2y}{dk^2}=\frac{1}{k}\int_0^{\pi}\sin(k\cos\omega)\cos\omega\,d\omega=-\frac{1}{k}\frac{dy}{dk},$$

und darum schliesslich:

$$13)\qquad \frac{d^2y}{dk^2}+\frac{1}{k}\frac{dy}{dk}+y=0.$$

Diese Gleichung kann (wie leicht einzusehen) auch so geschrieben werden:

$$13^a)\qquad \frac{d^2(y\sqrt{k})}{dk^2}+\left(\frac{1}{4k^2}+1\right)y\sqrt{k}=0.$$

Das vollständige Integral dieser Differentialgleichung lautet:

$$14)\qquad y\sqrt{k}=\left[A+\frac{A'}{k}+\frac{A''}{k^2}+\frac{A'''}{k^3}+\cdots\right]\cos k$$
$$+\left[B+\frac{B'}{k}+\frac{B''}{k^2}+\frac{B'''}{k^3}+\cdots\right]\sin k.$$

A und B sind zwei willkürliche Konstanten, A', A'', A''', . . . B', B'', B''', . . . bezeichnen unabhängige Koeffizienten von k, welche sich vermittelst A und B bestimmen lassen.

Substituiert man nämlich den in Gleichung 14) gefundenen Wert für $y\sqrt{k}$ in Gleichung 13^a) und vergleicht die entsprechenden Terme mit einander, so erhält man für A' . . . , B' . . . leicht die folgenden Bestimmungsgleichungen:

$$2A'+\frac{1}{4}B=0$$
$$2\cdot 2A''+\left(1\cdot 2+\frac{1}{4}\right)B'=0$$
$$2\cdot 3A'''+\left(2\cdot 3+\frac{1}{4}\right)B''=0$$
$$2\cdot 4A^{(4)}+\left(3\cdot 4+\frac{1}{4}\right)B'''=0 \text{ u. s w.}$$

und:

$$-2B'+\frac{1}{4}A=0$$
$$-2\cdot 2B''+\left(1\cdot 2+\frac{1}{4}\right)A'=0$$

$$-2\,.\,3\,B''' + \left(2\,.\,3 + \frac{1}{4}\right) A'' = 0$$

$$-2\,.\,4\,B^{(4)} + \left(3\,.\,4 + \frac{1}{4}\right) A''' = 0 \text{ u. s. w.}$$

Die Konstanten A und B bekommt man, wenn man in $y\sqrt{k}$ und in $\frac{d(y\sqrt{k})}{dk}$ setzt: $k = \infty$.

Man hat alsdann (nach Gleichung 14):

$$15) \qquad y\sqrt{k} = A\cos k + B\sin k;$$

ferner:

$$16) \quad \frac{d(y\sqrt{k})}{dk} = \sqrt{k}\frac{dy}{dk} = -A\sin k + B\cos k,$$

woraus folgt:

$$A = \left(y\cos k - \frac{dy}{dk}\sin k\right)\sqrt{k};$$

$$B = \left(y\sin k + \frac{dy}{dk}\cos k\right)\sqrt{k}.$$

Setzt man in diesen Resultaten an Stelle von y und $\frac{dy}{dk}$ die in Gleichung 10) und 11) angegebenen Werte, so entsteht:

$$17) \quad \begin{cases} A = \sqrt{k}\int_0^{\pi} [\cos(k\cos\omega)\cos k + \sin(k\cos\omega)\cos\omega\sin k]\,d\omega, \\ B = \sqrt{k}\int_0^{\pi} [\cos(k\cos\omega)\sin k - \sin(k\cos\omega)\cos\omega\cos k]\,d\omega. \end{cases}$$

da nun:

$$\cos^2\frac{\omega}{2} + \sin^2\frac{\omega}{2} = 1 \text{ und } \cos^2\frac{\omega}{2} - \sin^2\frac{\omega}{2} = \cos\omega,$$

so wird:

$$17^a) \quad \begin{cases} A = \sqrt{k}\int_0^{\pi} \cos\left(2k\sin^2\frac{\omega}{2}\right)\cos^2\frac{\omega}{2}\,d\omega \\ \qquad\qquad + \sqrt{k}\int_0^{\pi} \cos\left(2k\cos^2\frac{\omega}{2}\right)\sin^2\frac{\omega}{2}\,d\omega, \\ B = \sqrt{k}\int_0^{\pi} \sin\left(2k\sin^2\frac{\omega}{2}\right)\cos^2\frac{\omega}{2}\,d\omega \\ \qquad\qquad + \sqrt{k}\int_0^{\pi} \sin\left(2k\cos^2\frac{\omega}{2}\right)\sin^2\frac{\omega}{2}\,d\omega. \end{cases}$$

Durch zweckmässige Umformung dieser Integrale findet Poisson für den Fall: $k = \infty$ folgende Werte:

$$\sqrt{k}\int_0^{\pi}\cos\left(2k\sin^2\frac{\omega}{2}\right)\cos^2\frac{\omega}{2}\,d\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\pi},$$

$$\sqrt{k}\int_0^{\pi}\sin\left(2k\sin^2\frac{\omega}{2}\right)\cos^2\frac{\omega}{2}\,d\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\pi},$$

$$\sqrt{k}\int_0^{\pi}\cos\left(2k\cos^2\frac{\omega}{2}\right)\sin^2\frac{\omega}{2}\,d\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\pi},$$

$$\sqrt{k}\int_0^{\pi}\sin\left(2k\cos^2\frac{\omega}{2}\right)\sin^2\frac{\omega}{2}\,d\omega = \frac{1}{2}\sqrt{\pi}.$$

Mithin erhält man für A und B schliesslich die Werte:

$$17^b) \qquad A = B = \sqrt{\pi},$$

demnach

$$y\sqrt{k} = (\cos k + \sin k)\sqrt{\pi}; \frac{dy\sqrt{k}}{dk} = (\cos k - \sin k)\sqrt{\pi}.$$

Aus dieser eben betracheten Untersuchung von Poisson geht nun für die Theorie der Bessel'schen Funktionen folgendes hervor:

1) Da sowohl, wie Fourier gefunden (Gleichung 4^b), das Integral:

$$\int_0^{\pi}\cos(k\sin\omega)\,d\omega$$

$\left(\text{abgesehen vom Faktor } \frac{1}{\pi}\right)$, als auch, wie Poisson zeigte (Gleichung 10), das Integral:

$$\int_0^{\pi}\cos(k\cos\omega)\,d\omega$$

derselben Differentialgleichung:

$$\frac{d^2y}{dk^2} + \frac{1}{k}\frac{dy}{dk} + y = 0$$

genügt, so folgt hieraus, dass einerseits ist:

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\cos(k\sin\omega)\,d\omega,$$

und andrerseits:

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\cos(k\cos\omega)\,d\omega,$$

dass man also die $\overset{0}{J}$-funktion durch zwei von einander verschiedene bestimmte Integrale darstellen kann; auch allgemein gilt dieser Satz für die $\overset{n}{J}$-funktion; Bessel hat dies, wie ich im Abschnitt II zeigen werde, sehr einfach bewiesen.

2) Für äusserst grosse Werte von k ist der Wert der Funktion $\overset{0}{J}(k)$ dargestellt durch die Formel:

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{A \cos k + B \sin k}{\sqrt{k}},$$

wobei $A = B = \frac{1}{\sqrt{\pi}}$; d. h. die Funktion $\overset{0}{J}(k)$ verschwindet, sobald man ihr ein reelles Argument zuerteilt und dieses ins Unendliche wachsen lässt.

Auf einen Punkt, der vielleicht zu Bedenken Anlass geben könnte*), will ich hier jedoch noch aufmerksam machen. Poisson fand für die Konstanten A und B den Wert $\sqrt{\pi}$, während oben als Wert $\frac{1}{\sqrt{\pi}}$ angegeben wird. Dass beide Wertbestimmungen ganz auf dasselbe hinauskommen, sieht man sofort ein, wenn man berücksichtigt, dass Poisson von der Formel (Gleichung 10):

$$y = \pi \cdot \overset{0}{J}(k) = \int_0^{\pi} \cos(k \cos \omega)\, d\omega$$

ausging, und man mithin, um die Konstanten für $\overset{0}{J}(k)$ zu finden, noch durch π dividieren muss, wodurch man den Wert $\frac{1}{\sqrt{\pi}}$ erhält, den, wie ich zeigen werde, später auch Hansen und andere fanden.

II.

Sehr eingehend beschäftigte sich Bessel mit den fraglichen Funktionen, welche daher auch nach ihm ihren Namen erhalten haben, und zwar in einer Arbeit, welche den Titel trägt: «Untersuchung des Teils der planetarischen Störungen, welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht».**) Dieselbe legte er am 29. Januar 1824 der kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vor.

*) Siehe Neumann: «Theorie der Bessel'schen Funktionen» Seite 50, Anmerkung.

**) Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften 1824. Mathemat Kl. p. 1 und Abhandlungen von F. W. Bessel I. Bd. S. 84 u. ff.

Er untersucht darin den Teil der Störungen des Radius-Vektors, der Länge in der Bahn und der Breite über der mittleren Ebene derselben. Bei der Berechnung dieser Störungen treten noch verschiedene Integrationskonstanten auf, welche, um die Aufgabe vollständig zu lösen, genauer zu bestimmen sind. Eine sehr zweckmässige Bestimmungsmethode hat er in seiner «Analytischen Lösung der Kepler'schen Aufgabe», welche am 2. Juli 1818 der Akademie vorgelegt wurde, angegeben.

In den so entstandenen Resultaten spielen nun die zwei folgenden Integrale

$$\int \cos i\,\mu \,.\, \cos \varepsilon \,.\, d\varepsilon$$

$$\int \sin i\,\mu \,.\, \sin \varepsilon \,.\, d\varepsilon.$$

eine Hauptrolle, wobei μ die mittlere, ε die excentrische Anomalie und i die Neigung der Bahn bezeichnet.

Diese beiden Integrale kann man leicht auf die Form

$$\int \cos (h\varepsilon - k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon$$

reduzieren, wobei h eine ganze Zahl bedeutet. Bessel war nun der erste, welcher dieses Integral zweckmässig bezeichnete, und zwar setzte er:

$$18) \qquad \int_0^{2\pi} \cos (h\varepsilon - k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 2\pi \overset{h}{J}(k).$$

Man hat nämlich, wenn man mit e die Excentricität bezeichnet:

$$\int_0^{2\pi} \cos i\,\mu \,.\, \cos \varepsilon \,.\, d\varepsilon = \int_0^{2\pi} \cos i\,\mu\, (1 - [1 - e \cos \varepsilon]) \frac{d\varepsilon}{e}$$

$$= \frac{1}{e} \int_0^{2\pi} \cos i\,\mu\, d\varepsilon - \frac{1}{e} \int_0^{2\pi} \cos i\,\mu\, d\mu,$$

weil bekanntlich die Gleichung gilt:

$$\mu = \varepsilon - e \sin \varepsilon,$$

und folglich auch

$$d\mu = (1 - e \cos \varepsilon)\, d\varepsilon.$$

Berücksichtigt man die Integrationsgrenzen 0 und 2π, so verschwindet das letzte Integral und man erhält:

19) $$\int_0^{2\pi} \cos(i\mu \cos\varepsilon)\, d\varepsilon = \frac{1}{e}\int_0^{2\pi} \cos(i\mu)\, d\varepsilon$$
$$= \frac{1}{e}\int_0^{2\pi} \cos(i\varepsilon - ie\sin\varepsilon)\, d\varepsilon$$
$$= 2\pi \cdot \frac{1}{e} J^{i}(ie)$$

Ferner hat man:

$$\int_0^{2\pi} \sin(i\mu \sin\varepsilon)\, d\varepsilon = \int_0^{2\pi} \cos(i\mu \cos\varepsilon)\, d\varepsilon - \int_0^{2\pi} \cos(\varepsilon + i\mu)\, d\varepsilon$$

oder

20) $$\int_0^{2\pi} \sin(i\mu \sin\varepsilon)\, d\varepsilon = 2\pi \cdot \frac{1}{e} J^{i}(ie) - 2\pi J^{i+1}(ie)$$

weil: $$\int_0^{2\pi} \cos(\varepsilon + i\mu)\, d\varepsilon = \int_0^{2\pi} \cos([i+1]\varepsilon - ie\sin\varepsilon)\, d\varepsilon$$
$$= 2\pi \cdot J^{i+1}(ie).$$

Die Reihenentwicklung für $J^{h}(k)$ erhält er mittelst der in seiner Abhandlung über die Kepler'sche Aufgabe angewandten Methode und findet:

21) $$J^{h}(k) = \frac{\left(\frac{k}{2}\right)^{h}}{\Pi(h)}\left\{1 - \frac{1}{h+1}\left(\frac{k}{2}\right)^{2} + \frac{1}{1.2.(h+1)(h+2)}\left(\frac{k}{2}\right)^{4} - \cdots\right\},$$

wo $\Pi(h)$ die von Gauss eingeführte Π-Funktion vorstellt, also

$$\Pi(0) = 0,\ \Pi(1) = 1,\ \Pi(2) = 1 \cdot 2, \ldots .$$

Aus dieser Reihe lassen sich verhältnismässig schnell und leicht die Zahlenwerte für $J^{h}(k)$ berechnen.

Weil die eben behandelten Integrale in der physischen Astronomie eine grosse Rolle spielen, und sich die meisten Probleme auf derartige Entwicklungen zurückführen lassen, so untersucht Bessel am Schlusse seiner citierten Arbeit dieselben noch etwas eingehender auf ihre sonstigen Eigenschaften und findet dabei einige sehr interessante Beziehungen, welche im folgenden kurz angegeben sein mögen.

Aus

$\cos[(i+1)\varepsilon - k\sin\varepsilon] + \cos[(i-1)\varepsilon - k\sin\varepsilon] = 2\cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)\cos\varepsilon$

erhält Bessel, wenn er das Glied auf der rechten Seite schreibt:

$$\frac{2i}{k}\cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon) - \frac{2}{k}[\cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)](i - k\cos\varepsilon).$$

dasselbe multipliziert mit $d\varepsilon$ und integriert zwischen den Grenzen 0 und 2π,

$$22) \quad \int_0^{2\pi} \cos[(i+1)\varepsilon - k\sin\varepsilon]\,d\varepsilon + \int_0^{2\pi} \cos[(i-1)\varepsilon - k\sin\varepsilon]\,d\varepsilon$$
$$= \frac{2i}{k}\int_0^{2\pi} \cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon - \frac{2}{k}\int_0^{2\pi} \cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)(i - k\cos\varepsilon)\,d\varepsilon.$$

Das letzte Integral auf der rechten Seite verschwindet für die Grenzen 0 und 2π und man erhält:

$$22^a) \quad 2\pi \overset{i+1}{J}(k) + 2\pi \overset{i-1}{J}(k) = \frac{2i \cdot 2\pi}{k} \overset{i}{J}(k)$$

oder

$$22^b) \quad \overset{i+1}{J}(k) + \overset{i-1}{J}(k) - \frac{2i}{k}\overset{i}{J}(k) = 0.$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass man durch zwei bekannte J-Funktionen alle übrigen ausdrücken kann; ferner folgt hieraus:

$$23) \quad \overset{-i}{J}(k) = (-1)^i \overset{i}{J}(k).$$

Man braucht also nur J-Funktionen mit positiven ganzen Inkrementen zu betrachten.

Im Weitern gibt Bessel den Wert für $\overset{i}{J}(k)$ ausgedrückt durch $\overset{0}{J}(k)$ und $\overset{1}{J}(k)$ nach der bekannten Eigenschaft der Kettenbrüche.*) (Seite 31 der angeführten Abhandlung.)

Die Differentialgleichung für die J-Funktion, welche er bereits ebenfalls abgeleitet hat, findet man folgendermassen: Differenziert man die Gleichung:

$$2\pi \overset{i}{J}(k) = \int_0^{2\pi} \cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon$$

nach k, so erhält man:

*) Wie ich von Prof. Dr. J. H. Graf weiss, hat derselbe bereits den Annali di Matematica einen längern Artikel eingesandt über den Zusammenhang der Kettenausdrücke und der Bessel'schen Funktion I. Art. Derselbe wird demnächst erscheinen.

$$2\pi \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} = \int_0^{2\pi} \sin(i\varepsilon - k \sin\varepsilon) \sin\varepsilon \, d\varepsilon = 2\pi \left\{ \frac{i}{k} \overset{i}{J}(k) - \overset{i+1}{J}(k) \right\}$$

oder: 24) $$\overset{i+1}{J}(k) = \frac{i}{k} \overset{i}{J}(k) - \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk}.$$

Dividiert man vorstehende Gleichung durch $\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}$, so entsteht:

$$\frac{\overset{i+1}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}} = \frac{\frac{i}{k} \overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}} - \frac{\frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk}}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}} = \frac{i \cdot 2^{i+1}}{k^{i+2}} \overset{i}{J}(k) - \frac{2^{i+1}}{k^{i+1}} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk}$$

Ferner ist aber:

$$\frac{d \left\{ \frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i} \right\}}{d \left(\frac{k}{2}\right)^2} = \frac{\left[\left(\frac{k}{2}\right)^2 \right]^{\frac{i}{2}} \cdot \frac{d \overset{i}{J}(k)}{d\left(\frac{k}{2}\right)^2} - \frac{1}{2} i \left[\left(\frac{k}{2}\right)^2 \right]^{\frac{i}{2}-1} \overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{2i}}$$

$$= \frac{2^{i+1}}{k^{i+1}} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} - \frac{i \cdot 2^{i+1}}{k^{i+2}} \overset{i}{J}(k)$$

folglich:

25) $$\frac{\overset{i+}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}} = - \frac{d \left\{ \frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i} \right\}}{d\left(\left(\frac{k}{2}\right)^2\right)},$$

oder allgemein:

26) $$\frac{\overset{i+h}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+h}} = (-1)^h \frac{d^h \left\{ \frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i} \right\}}{d\left(\left(\frac{k}{2}\right)^2\right)^h}.$$

Aus Gleichung 24) folgt nun durch nochmalige Differentiation

$$\frac{d^2 \overset{i}{J}(k)}{dk^2} = \frac{i}{k} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} - \frac{i}{k^2} \overset{i}{J}(k) - \frac{d \overset{i+1}{J}(k)}{dk}.$$

Wendet man auf die ersten Differentialquotienten von $\overset{i}{J}(k)$ und $\overset{i+1}{J}(k)$ Gleichung 24) an, so entsteht:

$$27) \qquad \frac{d^2 \overset{i}{J}(k)}{dk^2} = \frac{i^2}{k^2} \overset{i}{J}(k) - \frac{i}{k} \overset{i+1}{J}(k) - \frac{i}{k^2} \overset{i}{J}(k) - \frac{i+1}{k} \overset{i+1}{J}(k) + \overset{i+2}{J}(k).$$

Dividiert man ferner Gleichung 24) durch k, so erhält man:

$$\frac{1}{k} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} = \frac{i}{k^2} \overset{i}{J}(k) - \frac{1}{k} \overset{i+1}{J}(k).$$

Addiert man diese Gleichung zu Gleichung 27), so folgt:

$$\frac{d^2 \overset{i}{J}(k)}{dk^2} + \frac{1}{k} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} = \frac{i^2}{k^2} \overset{i}{J}(k) - \frac{2(i+1)}{k} \overset{i+1}{J}(k) + \overset{i+2}{J}(k).$$

Als Reduktionsformel gilt nun:

$$\frac{2(i+1)}{k} \overset{i+1}{J}(k) = \overset{i}{J}(k) + \overset{i+2}{J}(k).$$

Mit Benutzung derselben erhält man schliesslich:

$$28) \qquad \frac{d^2 \overset{i}{J}(k)}{dk^2} + \frac{1}{k} \frac{d \overset{i}{J}(k)}{dk} + \left(1 - \frac{i^2}{k^2}\right) \overset{i}{J}(k) = 0,$$

womit die Differentialgleichung für $\overset{i}{J}(k)$ hergeleitet ist. Bessel hat sich auch schon mit der Addition der Argumente bei der J-Funktion beschäftigt.

Für das Argument $(k + z)$ gibt er nämlich die J-Funktion in folgender Darstellung:

Nach Gleichung 26) ist:

$$\frac{d\left\{\frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i}\right\}}{d\left(\frac{k}{2}\right)^2} = -\frac{\overset{i+1}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+1}}$$

$$\frac{d^2\left\{\frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i}\right\}}{\left[d\left(\frac{k}{2}\right)^2\right]^2} = +\frac{\overset{i+2}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+2}},$$

$$\frac{d^s\left\{\frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i}\right\}}{\left[d\left(\frac{k}{2}\right)^2\right]^s} = -\frac{\overset{i+s}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^{i+s}}, \text{ u. s. w.}$$

also nach dem Taylor'schen Satze:

$$\frac{\overset{i}{J}(k+z)}{\left(\frac{k+z}{2}\right)^i} = \frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i} + \frac{d\left\{\frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i}\right\}}{1 \cdot d\left(\frac{k}{2}\right)^2}\left(\frac{kz}{2} + \frac{z^2}{4}\right) + \frac{d^2\left\{\frac{\overset{i}{J}(k)}{\left(\frac{k}{2}\right)^i}\right\}}{1.2.\left[d\left(\frac{k}{2}\right)^2\right]^2}\left(\frac{kz}{2} + \frac{z^2}{4}\right)^2 + \cdots$$

oder

$$29) \quad \overset{i}{J}(k+z) = \left(1 + \frac{z}{k}\right)^i\left[\overset{i}{J}(k) - \frac{\overset{i+1}{J}(k)}{1} z\left(1 + \frac{z}{2k}\right) + \frac{\overset{i+2}{J}(k)}{1.2} z^2\left(1 + \frac{z}{2k}\right)^2 \mp \cdots\right]$$

Bessel macht die Bemerkung, dass jene Reihe zur Berechnung und Interpolation einer Tafel dieser Funktionen verwendet werden könne, und in der That hat er mit ihrer Hülfe eine seiner Abhandlung beigegebene, von $k = 0$ bis $k = 3{,}2$ mit der Differenz 0,1 gehende, $\overset{0}{J}(k)$ und $\overset{1}{J}(k)$ enthaltende berechnet.

Auf die Funktion J lassen sich, wie Bessel ebenfalls schon zeigte, noch andere Integrale zurückführen; als Beispiel möge folgendes genügen:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos(k \sin\varepsilon) \cos^{2i}\varepsilon \, d\varepsilon = \frac{1.3.5\ldots(2i-1)}{k^i}\overset{i}{J}(k).$$

Beweis: Durch teilweise Integration erhält man für das angegebene Integral folgenden Wert:

$$\left[\sin\varepsilon \,.\, \cos^{2i-1}\varepsilon \,.\, \cos(k\sin\varepsilon) - \frac{k}{2i+1}\cos^{2i+1}\varepsilon \sin(k\sin\varepsilon)\right]_0^{2\pi}$$

$$+ (2i-1)\int_0^{2\pi} \cos(k\sin\varepsilon)\cos^{2i-2}\varepsilon\, d\varepsilon$$

$$-(2i-1)\int_0^{2\pi} \cos^{2i}\varepsilon \,.\, \cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon + \frac{k^2}{2i+1}\int_0^{2\pi} \cos^{2i+2}\varepsilon \cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon.$$

Berücksichtigt man die angegebenen Grenzen, so verschwinden die beiden ersten Glieder, und man hat:

30) $$(2i-1)\int_0^{2\pi} \cos^{2i-2}\varepsilon \,.\, \cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon - 2i\int_0^{2\pi} \cos^{2i}\varepsilon \,.\, \cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon$$

$$+ \frac{k^2}{2i+1}\int_0^{2\pi} \cos^{2i+2}\varepsilon \,.\cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon.$$

Führt man nun folgende Grösse ein:

$$\int_0^{2\pi} \cos^{2i}\varepsilon \,.\, \cos(k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon = \frac{1\,.\,3\,.\,5\,\ldots(2i-1)}{k^i}\,\varphi(i),$$

so entsteht aus Gleichung 30)

31) $$k\,\varphi(i-1) - 2i\,\varphi(i) + k\,\varphi(i+1) = 0.$$

Diese Gleichung ist identisch mit Gleichung 22^b); demnach:

$$\varphi(0) = \overset{0}{J}(k), \qquad \varphi(1) = \overset{1}{J}(k),$$

$$\varphi(i) = \overset{i}{J}(k).$$

Auch das Integral:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^{2i}\varepsilon \,.\, \cos(k\cos\varepsilon)\, d\varepsilon$$

ist eine Darstellung der Bessel'schen Funktion erster Art; dasselbe ist deshalb bemerkenswert, weil es, wie ich später zeigen werde, auch Jacobi aus allgemeinen Betrachtungen und zwar auf eine höchst interessante Weise abgeleitet hat.

Von den weiteren Beziehungen, welche Bessel noch angibt, seien hier die wichtigen Reihen für $\cos k \,.\, \overset{0}{J}(k)$ und $\sin k \,.\, \overset{0}{J}(k)$ angeführt. Es ist:

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\, d\varepsilon,$$

und

$$0 = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin(k\cos\varepsilon)\, d\varepsilon.$$

Durch Multiplikation beider Gleichungen mit cos k resp. sin k und sin k resp. — cos k und geeignete Addition findet man:

$$\cos k \,.\, \overset{0}{J}(k) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos(k - k\cos\varepsilon)\, d\varepsilon = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos\left(2k\sin^2\frac{\varepsilon}{2}\right) d\varepsilon$$

$$\sin k \,.\, \overset{0}{J}(k) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin(k - k\cos\varepsilon)\, d\varepsilon = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin\left(2k\sin^2\frac{\varepsilon}{2}\right) d\varepsilon,$$

oder in Reihen entwickelt:

$$\cos k \,.\, \overset{0}{J}(k) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} d\varepsilon \left\{1 - \frac{(2k)^2 \sin^4\frac{\varepsilon}{2}}{\Pi(2)} + \frac{(2k)^4 \sin^8\frac{\varepsilon}{2}}{\Pi(4)} - \frac{(2k)^6 \sin^{12}\frac{\varepsilon}{2}}{\Pi(6)} \mp \cdots\right\},$$

$$\sin k \,.\, \overset{0}{J}(k) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} d\varepsilon \left\{2k\sin^2\frac{\varepsilon}{2} - (2k)^3 \frac{\sin^6\frac{\varepsilon}{2}}{\Pi(3)} + \frac{(2k)^5 \sin^{10}\frac{\varepsilon}{2}}{\Pi(5)} \mp \cdots\right\}.$$

Mit Berücksichtigung der Grenzen ergibt sich schliesslich:

32) $$\cos k \,.\, \overset{0}{J}(k) = 1 - \frac{3}{(\Pi(2))^2} k^2 + \frac{3\cdot 5\cdot 7}{(\Pi(4))^2} k^4 - \frac{3\cdot 5\cdot 7\cdot 9\cdot 11}{(\Pi(6))^2} k^6 \mp \cdots$$

33) $$\sin k \,.\, \overset{0}{J}(k) = k - \frac{3\cdot 5}{(\Pi(3))^2} k^3 + \frac{3\cdot 5\cdot 7\cdot 9}{(\Pi(5))^2} k^5 - \frac{3\cdot 5\cdot 7\cdot 9\cdot 11\cdot 13}{(\Pi(7))^2} k^7 \mp \cdots$$

Ähnliche Reihen leitete später auch Anger her.

Im weitern fand Bessel, dass die Funktion $\overset{0}{J}(k)$ mit den Sinus und Cosinus die merkwürdige Eigenschaft gemein hat, immer, wenn ihr Argument von $2n\pi$ bis zu $(2n + 2)\pi$ wächst, zweimal zu verschwinden und dann das Vorzeichen zu wechseln. Zum Beweise zeigt er, dass $\overset{0}{J}(k)$ von $k = m\pi$ bis $\left(m + \frac{1}{2}\right)\pi$ immer positiv ist, wenn m eine gerade Zahl, und immer negativ, wenn m eine ungerade Zahl ist.

Diese Eigenschaft kommt der $\overset{0}{J}$-funktion nicht allein zu, sondern alle J-funktionen besitzen eine ähnliche. Man hat nämlich, wenn man in Gleichung 26) der Kürze wegen $J(k)$ durch $\left(\frac{k}{2}\right)^i R^{(i)}$ und $\left(\frac{k}{2}\right)^i$ durch $\varkappa$ bezeichnet:

$$R^{(i+1)} = -\frac{dR^{(i)}}{d\varkappa};$$

woraus folgt, dass $R^{(i+1)}$ verschwindet, wenn $R^{(i)}$ ein Maximum oder Minimum ist; allein zwischen zwei Werten von k oder $\varkappa$, für welche $R^{(i)}$ verschwindet, liegt notwendig ein Maximum oder Minimum, also auch ein verschwindendes $R^{(i+1)}$. Es ist daher klar, dass $\overset{1}{J}(k)$ ebenso oft Null wird, so oft $\overset{0}{J}(k)$ ein Maximum oder Minimum ist. Zwischen diesen beiden Werten von k, für welche $\overset{1}{J}(k)$ verschwindet, liegt in ganz gleicher Weise immer ein Maximum oder Minimum von $R^{(1)}$, daher ein verschwindendes $\overset{2}{J}(k)$ u. s. w.

Als Anwendung, welche Bessel von der J-funktion machte, ist diejenige auf die Mittelpunktsgleichung zu erwähnen. Er war bekanntlich der erste, welcher die Entwicklung der Mittelpunktsgleichung und des Radius-Vektors in Reihen, die nach den Sinus und Cosinus der mittleren Anomalie fortschreiten, durch eine Integration angegeben hat, wobei er einen schon von Euler im XI. Bande der «Nova Acta» der Petersburger Akademie veröffentlichten Satz benutzte. In der Zeitschrift für Astronomie und in den Abhandlungen der Berliner Akademie von 1816 und 1817 ist seine Methode zuerst publiziert worden. Später hat er dieselbe Aufgabe in der citierten Abhandlung von 1824 nochmals mit Anwendung der J-funktion zu lösen versucht und erhielt dabei ein ganz einfaches

Resultat, welches später von Hansen und namentlich von Anger noch verallgemeinert und vereinfacht wurde.

Bezeichnet man mit μ die mittlere, ε die excentrische und ν die wahre Anomalie, mit e die Excentricität, und setzt man:

$$\nu - \mu = A_1 \sin \mu + A_2 \sin 2\mu + A_3 \sin 3\mu + \cdots,$$

so ist:

$$A_{(i)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos i\mu \, d\nu = \frac{\sqrt{1-e^2}}{i\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\cos(i\varepsilon - i e \sin\varepsilon)}{1 - e\cos\varepsilon} \, d\varepsilon,$$

weil bekanntlich ist:

$$\mu = \varepsilon - e \sin\varepsilon \text{ und } d\nu = \frac{\sqrt{1-e^2}}{1 - e\cos\varepsilon}.$$

Ferner ist:

$$34) \quad \frac{1}{1 - e\cos\varepsilon} = \frac{1}{\sqrt{1-e^2}} \left\{1 + 2\lambda\cos\varepsilon + 2\lambda^2 \cos 2\varepsilon + 2\lambda^3 \cos 3\varepsilon + \cdots\right\},$$

wobei:

$$\lambda = \frac{e}{1 + \sqrt{1-e^2}}.$$

Multipliziert man Gleichung 34) auf die beiden Seiten mit $\cos(i\varepsilon - i e \sin\varepsilon)\, d\varepsilon$ und integriert von 0 bis 2π, so erhält man die Gleichung:

$$35) \quad \frac{i}{2} A_{(i)} = \overset{i}{J}(i\,e) + \lambda\left(\overset{i+1}{J}(i\,e) + \overset{i-1}{J}(i\,e)\right) + \lambda^2\left(\overset{i+2}{J}(i\,e) + \overset{i-2}{J}(i\,e)\right) + \lambda^3\left(\overset{i+3}{J}(i\,e) + \overset{i-3}{J}(i\,e)\right) + \cdots,$$

worin die Entwicklung der Mittelpunktsgleichung, wie Bessel sie gibt, enthalten ist.

Auf die Entwicklung des Radius-Vektors will ich hier nicht eingehen; im Verlaufe der Arbeit bietet sich Gelegenheit, einige Bemerkungen darüber zu machen.

III.

Dieser Abschnitt sei der Darstellung jener eigentümlichen Methode gewidmet, welche Jacobi anwandte, um die schon früher von Bessel gegebene Form

$$\pi \cdot \overset{i}{J}(k) = \frac{k^i}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2i-1)} \int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon) \sin^{2i}\varepsilon \, d\varepsilon$$

aus ganz allgemeinen Betrachtungen, auf einem ganz anderen Wege von neuem herzuleiten. Diese Bestimmungsweise findet sich in seiner Abhandlung »Formula transformationis integralium definitorum«, vom Jahre 1835, welche zuerst im XV. Bande des Crelle'schen Journal abgedruckt wurde. Sie findet sich auch im VI. Bande der gesammelten Werke Jacobis, welche Weierstrass herausgegeben hat.

Es ist:

$$36) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2m}x \cdot \cos^{2n}x\,dx = \frac{(2m-1)(2m-3)\ldots 1 \ldots (2n-1)(2n-3)\ldots 1}{(2m+2n)(2m+2n-2)\ldots 2} \cdot \frac{\pi}{2},$$

$$37) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{2m}x \cos(2n\,x)\,dx = (-1)^n \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2m}x \cos(2n\,x)\,dx$$

$$= \frac{1}{2^{2m}} \frac{2m(2m-1)\ldots(m+n+1)}{1.2\ldots(m-n)} \cdot \frac{\pi}{2},$$

$$38) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(2n+1)x \cos^{2m+1}x\,dx = (-1)^n \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2m+1}x \sin(2n+1)x\,.dx$$

$$= \frac{1}{2^{m+1}} \frac{(2m+1)\,2m\ldots(m+n+2)\,.\,\pi}{1.2\ldots(m-n)\,.\,2},$$

oder allgemein, wenn p — i eine gerade positive Zahl bedeutet:

$$39) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^p x \cos i\,x\,dx = \frac{1}{2^p} \frac{p(p-1)\ldots\left(\frac{p+i}{2}+1\right)}{1.2\ldots\left(\frac{p-i}{2}\right)} \cdot \frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{p(p-1)\ldots(p-i+1)}{1.3\ldots(2i-1)} \cdot \frac{(p-i-1)(p-i-3)..1..(2i-1)(2i-3)..1}{2.4.6\ldots(p+i)} \frac{\pi}{2}$$

Durch Vergleichung mit Gleichung 36) folgt:

$$39a) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^p x \cos i\,x\,dx = \frac{p(p-1)\ldots(p-i+1)}{1.3\ldots(2i-1)} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2i}x \cos^{p-i}x\,dx.$$

Damit diese Formel auch gilt, wenn p — i eine ungerade Zahl bedeutet, wählt man als Integrationsgrenzen 0 und π; in diesem Falle verschwinden nämlich, für p — i gleich einer ungeraden Zahl, beide Integrale. Bezeichnen daher i und p irgendwelche ganze Zahlen, so wird:

$$40)\quad \int_0^{\pi} \cos^p x \cos i x \, dx = \frac{p(p-1)\ldots(p-i+1)}{1.3.5\ldots(2i-1)} \int_0^{\pi} \sin^{2i} x \cos^{p-i} x \, dx.$$

Nimmt man nun an, die Funktion $f(z)$ könne nach ganzen, positiven Potenzen von z entwickelt werden, und diese Entwicklung laute:

$$f(z) = \sum A_p z^p$$

und setzt man:

$$\frac{d^i f(z)}{(dz)^i} = f^{(i)}(z),$$

wo:

$$f^{(i)}(z) = \sum p(p-1)(p-2)\ldots(p-i+1) A_p z^{p-i},$$

so entsteht aus Gleichung 40) folgende Relation:

$$41)\quad \int_0^{\pi} f(\cos x) \cos i x \, dx = \sum A_p \int_0^{\pi} \cos^p x \cos i x \, dx$$

$$= \frac{1}{1.3.5\ldots(2i-1)} \int_0^{\pi} \sin^{2i} x \left\{ \sum p(p-1)\ldots(p-i+1) A_p \cos^{p-i} x \right\} dx$$

oder endlich:

$$42)\quad \int_0^{\pi} f(\cos x) \cos i x \, dx = \frac{1}{1.3.5\ldots(2i-1)} \int_0^{\pi} f^{(i)}(\cos x) \sin^{2i} x \, dx.$$

Diese Formel benutzte nun Jacobi zur Herleitung des angegebenen Wertes von $\overset{i}{J}(k)$.

Bezeichnen nämlich ε, μ, e bezügl. die excentrische, mittlere Anomalie und die Excentricität, so dass

$$\mu = \varepsilon - e \sin \varepsilon,$$

so mögen folgende Reihenentwicklungen gelten:

$$43)\quad \begin{cases} \cos n \varepsilon = p_n + 2 p_n' \cos \mu + 2 p_n'' \cos 2\mu + 2 p_n''' \cos 3\mu + \cdots \\ \sin n \varepsilon = q_n' \sin \mu + q_n'' \sin 2\mu + q_n''' \sin 3\mu + \cdots \end{cases}$$

wobei:

$$p_n^{(i)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos i \mu \cos n \varepsilon \, d\mu = \frac{n}{i\pi} \int_0^{\pi} \sin i \mu \sin n \varepsilon \, d\varepsilon$$

$$= \frac{n}{2i\pi} \int_0^{\pi} \left[\cos\{(i-n)\varepsilon - i e \sin \varepsilon\} - \cos\{(i+n)\varepsilon - i e \sin \varepsilon\} \right] d\varepsilon$$

und:

$$q_n^{(i)} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} \sin i\mu \sin n\varepsilon \, d\mu = \frac{2n}{i\pi}\int_0^{\pi} \cos i\mu \cos n\varepsilon \, d\varepsilon$$

$$= \frac{n}{i\pi}\int_0^{\pi} \left[\cos\{(i-n)\varepsilon - ie\sin\varepsilon\} + \cos\{(i+n)\varepsilon - ie\sin\varepsilon\}\right] d\varepsilon.$$

Vorstehende Werte erhält man leicht durch teilweise Integration, wobei die Glieder, für welche die Integration ausgeführt ist, zwischen den angegebenen Grenzen verschwinden.

Setzt man nun mit Bessel:

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(i\varepsilon - k\sin\varepsilon)\, d\varepsilon = \overset{i}{J}(k)$$

so wird:

$$p_n^{(i)} = \frac{n}{2i}\left\{\overset{i-n}{J}(ie) - \overset{i+n}{J}(ie)\right\}$$

und

$$q_n^{(i)} = \frac{n}{i}\left\{\overset{i-n}{J}(ie) + \overset{i+n}{J}(ie)\right\}$$

Je nachdem i eine gerade oder ungerade Zahl bezeichnet, erhält man:

44)
$$\begin{cases} \overset{2i}{J}(k) = \dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int_0^{\pi} \cos(k\sin\varepsilon)\cos(2i\varepsilon)\, d\varepsilon \\ \qquad = \dfrac{(-1)^i}{\pi}\displaystyle\int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\cos(2i\varepsilon)\, d\varepsilon. \\ \overset{2i+1}{J}(k) = \dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int_0^{\pi} \sin(k\sin\varepsilon)\sin(2i+1)\varepsilon\, d\varepsilon \\ \qquad = \dfrac{(-1)^i}{\pi}\displaystyle\int_0^{\pi} \sin(k\cos\varepsilon)\cos(2i+1)\varepsilon\, d\varepsilon. \end{cases}$$

In gleicher Weise gelten folgende Reihenentwicklungen:

45)
$$\begin{cases} \cos i\mu = k^{(i)} + 2k_1^{(i)}\cos\varepsilon + 2k_2^{(i)}\cos 2\varepsilon + \cdots \\ \sin i\mu = l_1^{(i)}\sin\varepsilon + l_2^{(i)}\sin 2\varepsilon + l_3^{(i)}\sin 3\varepsilon + \cdots \end{cases}$$

wobei:

$$k_n^{(i)} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos i\mu \cos n\varepsilon \, d\varepsilon$$

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \left[\cos\left\{(i-n)\varepsilon - i\,e\sin\varepsilon\right\} + \cos\left\{(i+n)\varepsilon - i\,e\sin\varepsilon\right\}\right] d\varepsilon;$$

$$l_n^{(i)} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} \sin i\mu \sin n\varepsilon \, d\varepsilon$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \left[\cos\left\{(i-n)\varepsilon - i\,e\sin\varepsilon\right\} - \cos\left\{(i+n)\varepsilon - i\,e\sin\varepsilon\right\}\right] d\varepsilon.$$

oder:

$$k_n^{(i)} = \frac{1}{2}\left\{\overset{i-n}{J}(i\,e) + \overset{i+n}{J}i)e)\right\} = \frac{i}{2n}\, q_n^{(i)};$$

$$l_n^{(i)} = \overset{i-n}{J}(i\,e) - \overset{i+n}{J}(i\,e) = \frac{2\,i}{n}\, p_n^{(i)}.$$

Die Umformung des Integrales für $\overset{i}{J}(k)$ gestaltet sich demnach folgendermassen. Setzt man

$$f(z) = \cos(k\,z) \quad \text{oder} \quad f(z) = \sin(k\,z),$$

so wird mit Berücksichtigung von Gleichung 42)

$$\pi \overset{2i}{J}(k) = (-1)^i \int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\cos(2\,i\,\varepsilon)\, d\varepsilon$$

$$= \frac{k^{2i}}{1\,.\,3\,.\,5\,\ldots\,(4\,i-1)}\int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\sin^{4i}\varepsilon\, d\varepsilon;$$

und:

$$\pi \overset{2i+1}{J}(k) = (-1)^i \int_0^{\pi} \sin(k\cos\varepsilon)\cos(2\,i+1)\,\varepsilon\, d\varepsilon$$

$$= \frac{k^{2i+1}}{1\,.\,3\,.\,5\,\ldots\,(4\,i+1)}\int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\sin^{4i+2}\varepsilon\, d\varepsilon;$$

oder allgemein für jedes positive i:

$$46) \quad \pi \overset{i}{J}(k) = \frac{k^i}{1\,.\,3\,\ldots\,(2\,i-1)}\int_0^{\pi} \cos(k\cos\varepsilon)\sin^{2i}\varepsilon\, d\varepsilon,$$

womit die von Bessel angegebene Form wieder hergeleitet ist.

IV.

P. A. Hansen, Direktor der Sternwarte Seeberg, hat ebenfalls die Bessel'schen Funktionen in das Bereich seiner Untersuchungen gezogen und zwar im ersten Teile seiner Abhandlung: «Ermittelung der absoluten Störungen in Ellipsen von beliebiger Excentricität und Neigung», 1843, der als Beispiel «die Berechnung der absoluten vom Saturn erzeugten Störungen des Encke'schen Kometen» enthält.

In dem Abschnitte, welcher von der Integration der von ihm gefundenen Differentiale handelt, stösst er auf derartige Grössen, und bezeichnet sie mit $\overset{0}{J}(\lambda)$, $\overset{1}{J}(\lambda)$ . . . $\overset{i}{J}(\lambda)$ . . . Hier muss nun bemerkt werden, dass Hansen für diese Funktion eine von der hier angenommenen abweichende Schreibweise gebraucht. Zwischen der unsrigen und ihr besteht nämlich folgende einfache Relation:

$$\overset{i}{J}(k) = \overset{i}{J}(2\lambda),$$

oder umgekehrt:

$$\overset{i}{J}(\lambda) = \overset{i}{J}\left(\frac{1}{2}k\right);$$

sie ist also identisch mit der Bessel'schen Transcendenten $\overset{i}{J}(k)$, wenn man 2λ statt k schreibt.

Wie schon bemerkt, hat Bessel eine Tafel der Funktionen $\overset{0}{J}(k)$ und $\overset{1}{J}(k)$ konstruiert, welche für alle um 0,1 verschiedenen Werte des Argumentes die zugehörigen Funktionswerte zehnstellig angibt und zwar von $k = 0$ bis $k = 3{,}20$. Hansen hat Tafeln von grösserem Umfange berechnet; dieselben gehen von $\lambda = 0$ bis $\lambda = 20$, d. h. von $k = 0$ bis $k = 10$, mit einem Inkremente von 0,05 resp. 0,1, und geben die Funktionswerte bis auf sechs Decimalstellen richtig an.

Durch Integration der im Verlaufe jener citierten Abhandlung gefundenen Gleichung:

$$\frac{dy}{dx} + y\left(\frac{\omega}{x} - \lambda - \frac{\lambda}{x^2}\right) = \frac{1}{x}$$

erhält Hansen folgenden Wert für y:

47) $$y = x^{-\omega}\, c^{\lambda\left(x-\frac{1}{x}\right)} \int x^{\omega-1}\, c^{-\lambda\left(x-\frac{1}{x}\right)}\, dx + \text{Konst.}$$

Die beiden Reihen:

$$c^{\lambda x} = 1 + \lambda x + \frac{1}{2}\lambda^2 x^2 + \frac{1}{2.3}\lambda^3 x^3 + \cdots$$

$$c^{-\frac{\lambda}{x}} = 1 - \frac{\lambda}{x} + \frac{1}{2}\frac{\lambda^2}{x^2} - \frac{1}{2.3}\frac{\lambda^3}{x^3} \pm \cdots$$

geben leicht:

48)
$$\begin{cases} c^{\lambda\left(x-\frac{1}{x}\right)} = \overset{0}{J}(\lambda) + x\overset{1}{J}(\lambda) + x^2\overset{2}{J}(\lambda) + \cdots - \frac{1}{x}\overset{1}{J}(\lambda) \\ \qquad + \frac{1}{x^2}\overset{2}{J}(\lambda) - \frac{1}{x^3}\overset{3}{J}(\lambda) \pm \cdots \\ c^{-\lambda\left(x-\frac{1}{x}\right)} = \overset{0}{J}(\lambda) - x\overset{1}{J}(\lambda) + x^2\overset{2}{J}(\lambda) \mp \cdots + \frac{1}{x}\overset{1}{J}(\lambda) \\ \qquad + \frac{1}{x^2}\overset{2}{J}(\lambda) + \cdots \end{cases}$$

wobei:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = 1 - \lambda^2 + \frac{1}{2^2}\lambda^4 - \frac{1}{2^2.3^2}\lambda^6 \pm \cdots$$

$$\overset{1}{J}(\lambda) = \lambda - \frac{1}{2}\lambda^3 + \frac{1}{2^2.3}\lambda^5 - \frac{1}{2^2.3^2.4}\lambda^7 \pm \cdots$$

$$\overset{2}{J}(\lambda) = \frac{1}{2}\lambda^2 - \frac{1}{2.3}\lambda^4 + \frac{1}{2^2.3.4}\lambda^6 - \frac{1}{2^2.3^2.4.5}\lambda^8 \pm \cdots$$

$$\overset{3}{J}(\lambda) = \frac{1}{2.3}\lambda^3 - \frac{1}{2.3.4}\lambda^5 + \frac{1}{2^2.3.4.5}\lambda^7 - \frac{1}{2^2.3^2.4.5.6}\lambda^9 \pm \cdots$$

u. s. w.

Substituiert man nun die Reihen 48) in Gleichung 47) und führt die Integration wirklich aus, so entsteht:

$$y = \left\{\cdots + \overset{4}{J}(\lambda)\,x^{-4} - \overset{3}{J}(\lambda)\,x^{-3} + \overset{2}{J}(\lambda)\,x^{-2} - \overset{1}{J}(\lambda)\,x^{-1} + \overset{0}{J}(\lambda) + \overset{1}{J}(\lambda)\,x + \overset{2}{J}(\lambda)\,x^2 + \cdots\right\} \cdot$$
$$\times \left\{\cdots + \frac{\overset{4}{J}(\lambda)}{\omega+4}x^4 - \frac{\overset{3}{J}(\lambda)}{\omega+3}x^3 \pm \cdots + \frac{\overset{0}{J}(\lambda)}{\omega} + \frac{\overset{1}{J}(\lambda)}{\omega-1}x^{-1} + \frac{\overset{2}{J}(\lambda)}{\omega-2}x^{-2} + \cdots\right\} + \text{Konst.}$$

Um zu zeigen, dass alle hier vorkommenden J-Funktionen mit den betreffenden Bessel'schen identisch sind für $k = 2\lambda$, setzt Hansen:

$$x + \frac{1}{x} = 2 \cos z,$$

woraus bekanntlich folgt:

$$x^2 + \frac{1}{x^2} = 2 \cos 2z$$

$$x^3 + \frac{1}{x^3} = 2 \cos 3z \text{ u. s. w.}$$

$$x - \frac{1}{x} = 2 \varrho \sin z$$

$$x^2 - \frac{1}{x^2} = 2 \varrho \sin 2z$$

$$x^3 - \frac{1}{x^3} = 2 \varrho \sin 3z \text{ u. s. w.,}$$

wobei: $\varrho = \sqrt{-1}$.

Substituiert man diese Gleichungen in die erste Reihe der Gleichung 48), so erhält man:

$$c^{\lambda \varrho \sin z} = \overset{0}{J}(\lambda) + 2\varrho \overset{1}{J}(\lambda) \sin z + 2 \overset{2}{J}(\lambda) \cos 2z + 2\varrho \overset{3}{J}(\lambda) \sin 3z + \cdots$$

Nach bekannten Sätzen ergibt sich nun, wenn i eine ungerade Zahl bedeutet:

$$49) \qquad \varrho \overset{i}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} c^{2\lambda \varrho \sin z} \sin i z \, dz.$$

Ist i eine gerade Zahl, so wird:

$$50) \qquad \overset{i}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} c^{2\lambda \varrho \sin z} \cos i z \, dz.$$

Setzt man jetzt, wenn i eine ungerade Zahl bedeutet:

$$V = c^{2\lambda \varrho \sin z} \cos i z,$$

so wird:

$$dV = \varrho \lambda \, c^{2\lambda \varrho \sin z} \{\cos (i+1) z + \cos (i-1) z\} dz - i c^{2\varrho \lambda \sin z} \sin i z \, dz$$

weil:

$$\cos (i+1) z + \cos (i-1) z = 2 \cos i z \cos z.$$

Ist aber i ungerade, so ist sowohl $(i+1)$ als auch $(i-1)$ gerade; deshalb und weil:

$$\int_0^{2\pi} dV = 0,$$

entsteht folgende Gleichung:

$$51) \qquad 0 = \lambda \left\{ \overset{i+1}{J}(\lambda) + \overset{i-1}{J}(\lambda) \right\} - i \overset{i}{J}(\lambda)$$

Es sei ferner, wenn i eine gerade Zahl bedeutet:

$$V = c^{2\lambda\varrho \sin z} \sin i z,$$

mithin:

$$dV = \varrho\lambda\, c^{2\varrho\lambda \sin z} \left\{ \sin (i+1) z + \sin (i-1) z \right\} dz + i c^{2\varrho\lambda \sin z} \cos i z\, dz.$$

In ganz gleicher Weise wie vorher entsteht hieraus die Gleichung:

$$51) \qquad 0 = \lambda \left\{ \overset{i+1}{J}(\lambda) + \overset{i-1}{J}(\lambda) \right\} - i \overset{i}{J}(\lambda),$$

welche mit der von Bessel gefundenen 22[b]) identisch ist. Für $\lambda = \frac{1}{2} k$ entsteht nämlich:

$$51^a) \qquad \frac{1}{2} k \left\{ \overset{i+1}{J}\left(\frac{1}{2} k\right) + \overset{i-1}{J}\left(\frac{1}{2} k\right) \right\} - i \overset{i}{J}\left(\frac{1}{2} k\right) = 0,$$

oder:

$$22^b) \quad k \left\{ \overset{i+1}{J}(k) + \overset{i-1}{J}(k) \right\} - 2 i \overset{i}{J}(k) = 0.$$

Für $i = 0$, wird Gleichung 50)

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda \sin z}\, dz, \text{ oder}$$

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ \cos (2\lambda \sin z) + \varrho \sin (2\lambda \sin z) \right\} dz.$$

Da nun aber:

$$\int_0^{2\pi} \sin (2\lambda \sin z)\, dz = 0,$$

so folgt:

$$52) \qquad \overset{0}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos (2\lambda \sin z)\, dz,$$

welches der bekannte Ausdruck für diese Transcendente ist, wenn man k für 2λ einführt. (conf. Gleichung 18).

Im weitern gibt Hansen Ausdrücke zur Berechnung von $\overset{i}{J}(\lambda)$ auch für den Fall $\lambda = \infty$. Dieselben erhält er durch Entwicklung der Transcendenten $\overset{0}{J}(\lambda)$ in eine nach fallenden Potenzen von λ fortschreitende Reihe.

Die Gleichungen 49) und 50) ergeben:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda\sin z}\, dz$$

$$\varrho\,.\,\overset{1}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda\sin z}\sin z\, dz$$

$$\overset{2}{J}(\lambda) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda\sin z}\cos 2z\, dz.$$

Differenziert man die erste dieser drei Relationen, so entsteht:

$$\frac{d\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda} = \frac{\varrho}{\pi}\int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda\sin z}\sin z\,.\,dz = -2\overset{1}{J}(\lambda)$$

$$\frac{d^2\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} = -\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} c^{2\varrho\lambda\sin z}\left\{1-\cos 2z\right\} dz = 2\overset{2}{J}(\lambda) - 2\overset{0}{J}(\lambda).$$

Diese letzten Gleichungen geben in Verbindung mit der Bedingungsgleichung

$$\overset{2}{J}(\lambda) - \frac{1}{\lambda}\overset{1}{J}(\lambda) + \overset{0}{J}(\lambda) = 0$$

die folgende lineare Differentialgleichung der J-Funktion:

$$53)\qquad \frac{d^2\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} + \frac{1}{\lambda}\frac{d\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda} + 4\overset{0}{J}(\lambda) = 0.$$

Für den Fall: $\lambda = \infty$, d. h. $\frac{1}{\lambda} = 0$,

geht vorstehende Gleichung über in:

$$\frac{d^2\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} + 4\overset{0}{J}(\lambda) = 0,$$

deren Integral bekanntlich ist:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = k\cos 2\lambda + k'\sin 2\lambda,$$

wobei k und k' zwei dem Integral hinzugefügte Integrationskonstanten sind. Diesen Wert für $\overset{0}{J}(\lambda)$ kann man als Näherungswert betrachten, falls λ gleich einer sehr grossen Zahl wird.

Substituieren wir denselben nun in Gleichung 53) und sehen dabei k und k' als veränderliche Grössen an, so entsteht eine identische

Gleichung und die Koefflzienten von $\sin 2\lambda$ und $\cos 2\lambda$ müssen daher jeder für sich gleich Null werden; mithin muss sein:

$$\frac{d^2k}{d\lambda^2} + \frac{1}{\lambda}\frac{dk}{d\lambda} + \frac{4\,dk'}{d\lambda} + \frac{2k'}{\lambda} = 0$$

$$\frac{d^2k'}{d\lambda^2} + \frac{1}{\lambda}\frac{dk'}{d\lambda} - \frac{4\,dk}{d\lambda} - \frac{2k}{\lambda} = 0.$$

Setzt man jetzt:

$$k = \frac{\alpha}{\lambda^a} + \frac{\alpha_1}{\lambda^{a+1}} + \frac{\alpha_2}{\lambda^{a+2}} + \cdots$$

$$k' = \frac{\beta}{\lambda^a} + \frac{\beta_1}{\lambda^{a+1}} + \frac{\beta_2}{\lambda^{a+2}} + \cdots,$$

wobei $\alpha, \alpha_1, \ldots \beta, \beta_1, \ldots$ Konstanten sind, in die vorhergehenden Gleichungen ein, so findet man zuerst $a = \frac{1}{2}$, und nach weitern Umformungen ergibt sich schliesslich für $\overset{0}{J}(\lambda)$ folgender Ausdruck:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = c\left\{\frac{1}{\lambda^{1/2}} - \frac{9}{512\,\lambda^{5/2}} + \frac{3675}{524288\,\lambda^{9/2}} - \mp\cdots\right\}\cos(2\lambda - c') +$$

$$+ c\left\{\frac{1}{16\,\lambda^{3/2}} - \frac{75}{8192\,\lambda^{7/2}} + \frac{297675}{41943040\,\lambda^{11/2}} \mp\cdots\right\}\sin(2\lambda - c'),$$

wobei: $\alpha = c \cdot \cos c'$, $\beta = c \cdot \sin c'$.

Die Konstanten c und c' bestimmen sich nach einem von Laplace angegebenen Verfahren (Seite 112 u. ff. der citierten Abhandlung), und zwar wird:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\pi}}, \quad c' = \frac{1}{4}\pi.$$

Mithin lautet der vollständige Integralausdruck der Gleichung 53):

$$54)\ \overset{0}{J}(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{1}{\lambda^{1/2}} - \frac{9}{512\,\lambda^{5/2}} + \frac{3675}{524288\,\lambda^{9/2}} \mp\cdots\right\} \cdot$$

$$\cdot \cos\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right) +$$

$$+ \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{1}{16\,\lambda^{3/2}} - \frac{75}{8192\,\lambda^{7/2}} + \frac{297675}{41943040\,\lambda^{11/2}} \mp\cdots\right\} \cdot$$

$$\cdot \sin\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right).$$

Je grösser nun λ ist, desto genauer kann man mit Hilfe dieser Gleichung $\overset{0}{J}(\lambda)$ berechnen. Ist λ sehr gross, so reicht man mit dem ersten Gliede der ersten Reihe aus, und in diesem Falle gewährt also vorliegender Ausdruck eine ungemein kurze Rechnung. Aber auch, wenn λ nicht sehr gross ist, kann man doch den obigen Ausdruck $\overset{0}{J}(\lambda)$ mit einer in den weitaus meisten Fällen hinreichenden Genauigkeit berechnen.

Wendet man die eben gefundene Formel auf die früher abgeleitete Gleichung:

$$\overset{1}{J}(\lambda) = -\frac{1}{2}\frac{d\,\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda}$$

an, so entsteht:

$$55)\ \overset{1}{J}(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{1}{\lambda^{1/2}} + \frac{15}{512\,\lambda^{5/2}} - \frac{4725}{524288\,\lambda^{9/2}} \pm \cdots \sin\right\}\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right) +$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{3}{16\,\lambda^{3/2}} - \frac{105}{8192\,\lambda^{7/2}} + \frac{363825}{41943040\,\lambda^{11/2}} \mp \cdots\right\} \cdot$$
$$\cdot \cos\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right).$$

Da nun allgemein gilt

$$\overset{i+1}{J}(\lambda) = \frac{i}{2\lambda}\overset{i}{J}(\lambda) - \frac{1}{2}\frac{d\,\overset{i}{J}(\lambda)}{d\lambda},$$

so kann man durch fortgesetzte Differentiation des eben gefundenen Ausdruckes für $\overset{0}{J}(\lambda)$ alle anderen $\overset{i}{J}(\lambda)$ explicite durch Reihen, welche nach fallenden Potenzen von λ geordnet sind, darstellen.

Als Anwendung der Bessel'schen Funktionen, welche Hansen machte, ist, wie schon bemerkt, diejenige auf die Mittelpunktsgleichung zu erwähnen. Hansen hat darüber zuerst in den «Comptes rendus» und in den «Astronomischen Nachrichten» eine vorläufige Notiz gegeben und später in seiner Abhandlung «Entwickelung des Produktes einer Potenz des Radius vector», welche im Jahre 1853 erschien, eine ausführliche Erörterung des Gegenstandes veröffentlicht. Näher hierauf einzugehen, halte ich nicht für angebracht, zumal ich später doch noch einmal auf diese Materie zurückkommen muss.

Anger, Direktor der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, hat in den «Neuesten Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig» vom Jahre 1855 eine Arbeit veröffentlicht, welche den Titel

führt: «Untersuchungen über die Funktion $\overset{h}{J}(k)$ mit Anwendungen auf das Kepler'sche Problem», worin er zeigt, dass die einfachen Gesetze, denen diese Funktion unterworfen ist, wenn für h eine ganze Zahl genommen wird, sich sehr einfach und im Zusammenhange aus ihrer Erklärung in Verbindung mit dem zuerst von Euler aufgestellten allgemeinen Theorem, nach welchem eine Funktion in eine nach den Sinus und Cosinus der Vielfachen des Argumentes fortschreitende Reihe entwickelt werden kann, ableiten lassen. Ferner gibt er auf höchst scharfsinnige und elegante Weise die Entwicklung der Funktion für den Fall, dass h eine gebrochene Zahl ist, und teilt für die Entwicklung von $\overset{h}{J}(k)$ in eine nach den absteigenden Potenzen von k fortschreitende Doppelreihe zwei neue Methoden mit, von denen namentlich die zweite grösseres Interesse verdient.

Die bekannten Ausdrücke für $\sin^{2i+1}\varepsilon$ und für $\sin^{2i}\varepsilon$ als lineare Funktionen der Sinus und Cosinus der vielfachen Winkel*), wo i jede ganze Zahl bedeutet, geben leicht die Gleichungen:

$$56)\quad \begin{cases} \int_0^{2\pi} \sin 2i'\varepsilon \,.\, \sin^{2i+1}\varepsilon \, d\varepsilon = 0, \\ \int_0^{2\pi} \cos(2i'+1)\varepsilon \,.\, \sin^{2i}\varepsilon \, d\varepsilon = 0, \end{cases}$$

wo i' ebenfalls jede ganze Zahl bedeutet.

Da nun keine geraden Potenzen von $\sin\varepsilon$ in der Entwicklung von $\sin(k \sin\varepsilon)$, und keine ungeraden in der Entwicklung von $\cos(k \sin\varepsilon)$ vorkommen, so wird nach Gleichung 56), wenn h eine gerade Zahl bedeutet:

*) Es ist nämlich für jedes ganzzahlige i:

$$(-1)^i \,.\, 2^{2i} \sin^{2i+1}\varepsilon = \sin(2i+1)\varepsilon - \frac{2i+1}{1}\sin(2i-1)\varepsilon + \frac{(2i+1)\,2i}{1\,.\,2}\sin(2i-3)\varepsilon \ldots \pm \frac{(2i+1)\,2i\,(2i-1)\ldots(i+2)}{1\,.\,2\,.\,3\ldots i}\sin\varepsilon$$

und

$$(-1)^i\, 2^{2i-1} \sin^{2i}\varepsilon = \cos 2i\varepsilon - \frac{2i}{1}\cos 2(i-1)\varepsilon + \frac{2i\,(2i-1)}{1\,.\,2}\cos 2(i-2)\varepsilon \ldots \pm \frac{1}{2}\,\frac{2i\,(2i-1)(2i-2)\ldots(i+1)}{1\,.\,2\,.\,3\ldots i}.$$

Multipliziert man die erste dieser Gleichungen mit $\sin 2i'\varepsilon$, die zweite mit $\cos(2i'+1)\varepsilon$ und integriert zwischen den Grenzen 0 und 2π, so entstehen die Gleichungen 56).

$$\int \sin h\varepsilon \,.\, \sin (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 0,$$

und für ein ungerades h:

$$\int \cos h\varepsilon \,.\, \cos (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 0.$$

Ist schliesslich h eine ganze Zahl, gleichviel ob gerade oder ungerade, so ist:

$$\int_0^{2\pi} \sin h\varepsilon \,.\, \cos (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 0,$$

$$\int^{\pi} \cos h\varepsilon \,.\, \sin (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 0;$$

demnach auch: $$\int_0^{2\pi} \sin (h\varepsilon - k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon = 0.$$

Bezeichnet man nun mit Bessel $\int_0^{2\pi} \cos (h\varepsilon - k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon$ durch $2\pi \overset{h}{J}(k)$, so folgt durch Auflösung des Cosinus:

$$\overset{h}{J}(k) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos h\varepsilon \,.\, \cos (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin h\varepsilon \,.\, \sin (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon,$$

mithin:

$$\overset{h}{J}(k) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos h\varepsilon \,.\, \cos (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin h\varepsilon \,.\, \sin (k \sin \varepsilon)\, d\varepsilon.$$

Es wird demnach, wenn h eine gerade Zahl bedeutet:

$$\overset{h}{J}(k) = \overset{-h}{J}(k) = - \overset{-h}{J}(k),$$

oder allgemein:

$$\overset{-h}{J}(k) = (-1)\ \overset{h}{J}(k).$$

Für ein negatives k gelten ebenso die Gleichungen:

$$\overset{h}{J}(-k) = \overset{-h}{J}(k) = (-1)^h \,.\, \overset{h}{J}(k);$$

und schliesslich:

$$\overset{-h}{J}(-k) = \overset{h}{J}(k).$$

Anger leitet weiterhin einige Reihen ab, so für cos (k sin ε), sin (k sin ε), sin (k cos ε) u. s. w., welche nach Bessel'schen Funktionen fortschreiten, und welche ich hier der Übersicht wegen nochmals zusammenstellen will; zu bemerken ist hierbei, dass die Reihen für sin (k cos ε) und cos (k cos ε) schon von Jacobi als direkte Folgerung aus Gleichung 44) aufgestellt worden sind, und dass auch Bessel schon einige derselben gefunden hat. Es ist:

$$\alpha)\begin{cases}\cos(k\sin\varepsilon) = \overset{0}{J}(k) + 2\overset{2}{J}(k)\cos 2\varepsilon + 2\overset{4}{J}(k)\cos 4\varepsilon + \cdots \\ \sin(k\sin\varepsilon) = 2\overset{1}{J}(k)\sin\varepsilon + 2\overset{3}{J}(k)\sin 3\varepsilon + 2\overset{5}{J}(k)\sin 5\varepsilon + \cdots\end{cases}$$

Setzt man hierin $\frac{\pi}{2} - \varepsilon$ statt ε, so ergeben sich daraus die folgenden Reihen:

$$\beta)\begin{cases}\cos(k\cos\varepsilon) = \overset{0}{J}(k) - 2\overset{2}{J}(k)\cos 2\varepsilon + 2\overset{4}{J}(k)\cos 4\varepsilon \mp \cdots \\ \sin(k\cos\varepsilon) = 2\overset{1}{J}(k)\cos\varepsilon - 2\overset{3}{J}(k)\cos 3\varepsilon + 2\overset{5}{J}(k)\cos 5\varepsilon \mp \cdots\end{cases}$$

Differenziert man diese Gleichungen nach ε, so findet man:

$$\gamma)\begin{cases}k\cdot\sin(k\cos\varepsilon)\sin\varepsilon = 2\cdot 2\cdot\overset{2}{J}(k)\sin 2\varepsilon - 2\cdot 4\overset{4}{J}(k)\sin 4\varepsilon \pm \cdots \\ k\cdot\cos(k\cos\varepsilon)\sin\varepsilon = 2\cdot 1\cdot\overset{1}{J}(k)\sin\varepsilon - 2\cdot 3\overset{3}{J}(k)\sin 3\varepsilon \pm \cdots\end{cases}$$

Statt zu differenzieren, kann man auch obige Gleichungen mit k sin ε multiplizieren, darauf nach den Sinus der Vielfachen ordnen und erhält alsdann:

$$\delta)\begin{cases}k\sin(k\cos\varepsilon)\sin\varepsilon = k[\overset{1}{J}(k) + \overset{3}{J}(k)]\sin 2\varepsilon - k[\overset{3}{J}(k) + \overset{5}{J}(k)]\sin 4\varepsilon \pm \cdots \\ k\cos(k\cos\varepsilon)\sin\varepsilon = k[\overset{0}{J}(k) + \overset{2}{J}(k)]\sin\varepsilon - k[\overset{2}{J}(k) + \overset{4}{J}(k)]\sin 3\varepsilon \pm \cdots\end{cases}$$

Durch Vergleichung ergibt sich demnach:

$$k(\overset{0}{J}(k) + \overset{2}{J}(k)) = 2\cdot 1\overset{1}{J}(k);\quad k(\overset{1}{J}(k) + \overset{3}{J}(k)) = 2\cdot 2\cdot\overset{2}{J}(k);$$
$$k(\overset{2}{J}(k) + \overset{4}{J}(k)) = 2\cdot 3\overset{3}{J}(k);\quad k(\overset{3}{J}(k) + \overset{5}{J}(k)) = 2\cdot 4\cdot\overset{4}{J}(k);\ \text{u. s. w.}$$

d. h. allgemein:

$$57)\quad k[\overset{h-1}{J}(k) + \overset{h+1}{J}(k)] = 2h\cdot\overset{h}{J}(k).$$

Durch Differentiation der Gleichungen β) nach k erhält man:

$$\varepsilon)\begin{cases}\sin(k\cos\varepsilon)\cos\varepsilon = -\dfrac{d\,\overset{0}{J}(k)}{dk} + 2\dfrac{d\,\overset{2}{J}(k)}{dk}\cos 2\varepsilon \\ \qquad\qquad - 2\dfrac{d\,\overset{4}{J}(k)}{dk}\cos 4\varepsilon \mp \cdots \\ \cos(k\cos\varepsilon)\cos\varepsilon = 2\dfrac{d\,\overset{1}{J}(k)}{dk}\cos\varepsilon - 2\dfrac{d\,\overset{3}{J}(k)}{dk}\cos 3\varepsilon \\ \qquad\qquad + 2\dfrac{d\,\overset{5}{J}(k)}{dk}\cos 5\varepsilon \mp \cdots\end{cases}$$

Es ist aber auch durch Multiplikation der Gleichungen β) mit $\cos\varepsilon$, wenn man nach den Cosinus des Vielfachen von ε ordnet:

$$\gamma)\begin{cases}\sin(k\cos\varepsilon)\cos\varepsilon = \overset{1}{J}(k) + [\overset{1}{J}(k) - \overset{3}{J}(k)]\cos 2\varepsilon \\ \qquad\qquad - [\overset{3}{J}(k) - \overset{5}{J}(k)]\cos 4\varepsilon \mp \cdots \\ \cos(k\cos\varepsilon)\cos\varepsilon = [\overset{0}{J}(k) - \overset{2}{J}(k)]\cos\varepsilon - [\overset{2}{J}(k) - \overset{4}{J}(k)]\cos 3\varepsilon \mp \cdots\end{cases}$$

also:

$$\overset{1}{J}(k) = -\frac{d\,\overset{0}{J}(k)}{dk};\quad \overset{1}{J}(k) - \overset{3}{J}(k) = 2\frac{d\,\overset{2}{J}(k)}{dk};$$

$$\overset{3}{J}(k) - \overset{5}{J}(k) = 2\frac{d\,\overset{4}{J}(k)}{dk} \text{ u. s. w.}$$

$$\overset{0}{J}(k) - \overset{2}{J}(k) = 2\frac{d\,\overset{1}{J}(k)}{dk};\quad \overset{2}{J}(k) - \overset{4}{J}(k) = 2\frac{d\,\overset{3}{J}(k)}{dk} \text{ u. s. w.}$$

In Verbindung mit Gleichung 57) ergibt sich aus diesen Gleichungen:

$$\overset{2}{J}(k) = \overset{0}{J}(k) - \frac{2\,d\,\overset{1}{J}(k)}{dk} = \frac{2}{k}\overset{1}{J}(k) - \overset{2}{J}(k) - \frac{2\,d\,\overset{1}{J}(k)}{dk}$$

$$\overset{3}{J}(k) = \overset{1}{J}(k) - 2\frac{d\,\overset{2}{J}(k)}{dk} = \frac{2\cdot 2}{k}\overset{2}{J}(k) - \overset{3}{J}(k) - 2\frac{d\,\overset{2}{J}(k)}{dk} \text{ u. s. w.;}$$

hieraus:

$$\overset{2}{J}(k) = \frac{1}{k}\overset{1}{J}(k) - \frac{d\overset{1}{J}(k)}{dk}$$

$$\overset{2}{J}(k) = \frac{2}{k}\overset{2}{J}(k) - \frac{d\overset{2}{J}(k)}{dk} \text{ u. s. w.;}$$

allgemein:

$$\overset{h+1}{J}(k) = \frac{h}{k}\overset{h}{J}(k) - \frac{d\overset{h}{J}(k)}{dk.}$$

Als Differentialgleichung für die J-Funktion findet Anger auf bekannte Weise die folgende:

$$58) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dy}{dx} + \left(1 - \frac{h^2}{x^2}\right) y = 0,$$

wobei $x = k$, $y = \overset{h}{J}(k)$ ist. Für $h = 0$ wird dieselbe:

$$59) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dy}{dx} + y = 0;$$

d. h. die Differentialgleichung für die Funktion $\overset{0}{J}(k)$.

Setzt man nun:

$$y = 1 - a_2 x^2 + a_4 x^4 - a_6 x^6 \mp \cdots$$

so ergeben sich zur Bestimmung der Koefflzienten der Glieder auf bekannte Weise die folgenden Gleichungen:

$$a_2 = \frac{1}{2^2}; \; a_4 = \frac{1}{(1 \cdot 2)^2 \cdot 2^4}; \; a_6 = \frac{1}{(1 \cdot 2 \cdot 3)^2 \cdot 2^6}; \cdots$$

und man erhält:

$$60) \qquad \overset{0}{J}(k) = 1 - \left(\frac{k}{2}\right)^2 + \frac{\left(\frac{k}{2}\right)^4}{(1 \cdot 2)^2} - \frac{\left(\frac{k}{2}\right)^6}{(1 \cdot 2 \cdot 3)^2} \pm \cdots$$

Die Integration der Differentialgleichung 58) liefert, wenn man setzt

$$y = a_1 x^h - a_2 x^{h+2} + a_4 x^{h+4} \mp \cdots$$

in bekannter Weise:

$$a_1 = a_1\,;\; a_2 = \frac{a_1}{2^2\,(h+1)};\; a_3 = \frac{a_1}{1\,.\,2\,.\,2^4\,.\,(h+1)\,(h+2)};$$

$$a_4 = \frac{a_1}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,2^6\,(h+1)\,(h+2)\,(h+3)}, \cdots$$

wo der Koeffizient von x^h aus der Gleichung 57) bestimmt werden kann. Setzt man nämlich den Koeffizienten von k^{h-1} in der Entwicklung von $\overset{h-1}{J}(k)$ gleich α_1, den von k^{h+1} in der Entwicklung von $\overset{h+1}{J}(k)$ gleich A_1, dann muss sein:

$$\alpha\, k^h + \cdots = \frac{\alpha_1}{2h}\, k^h + \cdots + \frac{A_1}{2h}\, k^{h+2} + \cdots$$

Es wird also für

$$h = 1: \quad \alpha_1 = 2\, a_1; \qquad a_1 = \frac{1}{2}\, \alpha_1.$$

$$h = 2: \quad \alpha_1 = 2\,.\,2\,.\,a_1; \quad a_1 = \frac{1}{2\,.\,2}\, \alpha_1.$$

$$h = 3: \quad \alpha_1 = 2\,.\,3\,.\,a_1; \quad a_1 = \frac{1}{2\,.\,3}\, \alpha_1.$$

Da aber in der Reihenentwicklung für $\overset{0}{J}(k)$ der Wert von α_1 gleich 1 ist, so wird

$$\text{für } h = 1,\; a_1 = \frac{1}{2};\; \text{für } h = 2,\; a_1 = \frac{1}{1\,.\,2} \cdot \frac{1}{2^2};\; \cdots$$

oder allgemein, für ein beliebiges ganzes h, der Koeffizient von k^h in der Reihe für $\overset{h}{J}(k)$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1\,.\,2\,.\,3 \ldots h} \cdot \frac{1}{2^h}.$$

und man erhält:

$$61)\quad \overset{h}{J}(k) = \frac{\left(\frac{k}{2}\right)^h}{\Pi(h)} \left\{1 - \frac{1}{h+1}\left(\frac{k}{2}\right)^2 + \frac{1}{1.2(h+1)(h+2)}\left(\frac{k}{2}\right)^4 + \cdots\right\},$$

welches die Reihenentwicklung für die J-Funktion ist, wenn h eine ganze Zahl bedeutet, und welche mit der von Bessel gegebenen (Gleichung 21) genau übereinstimmt.

Von den Integralen, welche Anger durch die Funktion $\overset{h}{J}(k)$ darstellt, wollen wir hier nur dasjenige betrachten, welches schon früher

von Bessel, wenn auch auf anderem Wege, auf die J-Funktion zurückgeführt wurde, nämlich:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos^{2h}\varepsilon\cos(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \frac{1\cdot 3\cdot 5\cdot(2h-1)}{k^h}\overset{h}{J}(k).$$

Da ist:

$$2^{2h-1}\cdot\cos^{2h}\varepsilon = \cos 2h\varepsilon + \frac{2h}{1}\cos(2h-2)\varepsilon + \frac{2h\cdot(2h-1)}{1\cdot 2}\cos(2h-4)\varepsilon + \cdots \cdots + \frac{1}{2}\,\frac{2h(2h-1)\ldots(h+1)}{1\cdot 2\cdot 3\ldots h},$$

so wird, wenn man auf beiden Seiten mit $\cos(k\sin\varepsilon)$ multipliziert, von 0 bis 2π integriert und berücksichtigt, dass

$$\int_0^{2\pi}\cos(2h\varepsilon - k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \int_0^{2\pi}\cos(2h\varepsilon + k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon$$

ist,

$$2^{2h-1}\cdot\int_0^{2\pi}\cos^{2h}\varepsilon(\cos k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = 2\pi\left\{\overset{2h}{J}(k) + \frac{2h}{1}\overset{2h-2}{J}(k) + \cdots + \frac{1}{2}\,\frac{2h(2h-1)\ldots(h+1)}{1\cdot 2\ldots h}\overset{0}{J}(k)\right\}$$

Da aber, wie durch wiederholte Anwendung der allgemeinen Gleichung

$$k\overset{h-1}{J}(k) + k\overset{h+1}{J}(k) = 2h\overset{h}{J}(k)$$

leicht gefunden wird,

$$\overset{2h}{J}(k) + \frac{2h}{1}\overset{2h-2}{J}(k) + \cdots + \frac{1}{2}\cdot\frac{2h(2h-1)\ldots(h+1)}{1\cdot 2\ldots h}\overset{0}{J}(k) = 2^{2h-1}\,\frac{1\cdot 3\cdot 5\cdot(2h-1)}{k^h}\overset{h}{J}(k),$$

wo h irgend eine ganze Zahl bedeutet, so entsteht:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos^{2h}\varepsilon\cdot\cos(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \frac{1\cdot 3\cdot 5\ldots(2h-1)}{k^h}\overset{h}{J}(k),$$

womit die Zurückführung beendet ist.

Hebt man die Voraussetzung, dass h eine ganze Zahl bedeute, auf und setzt statt h die Grösse $h\sqrt{-1} = i\,h$, wo h eine beliebige, gleichviel ob ganze oder gebrochene Zahl ist, so erhält man allgemeinere Gleichungen, welche Anger ebenfalls schon aufgestellt hat. Es ist:

62) $$\int_0^{2\pi} \cos(i\,h\,\varepsilon - k \sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \int_0^{2\pi} \cos i\,h\,\varepsilon \,.\, \cos(k \sin\varepsilon)\,d\varepsilon + \int_0^{2\pi} \sin i\,h\,\varepsilon \,.\, \sin(k \sin\varepsilon)\,d\varepsilon.$$

Da nun nach teilweiser Integration:

$$\int e^{h\varepsilon} \sin^n \varepsilon\,d\varepsilon = \frac{e^{h\varepsilon} \sin^{n-1}\varepsilon\,(h \sin\varepsilon - n\cos\varepsilon)}{h^2 + n^2} + \frac{n(n-1)}{(h^2+n^2)} \int e^{h\varepsilon} \sin^{n-2}\varepsilon\,d\varepsilon$$

und:

$$\int e^{h\varepsilon} \cos^n \varepsilon\,d\varepsilon = \frac{e^{h\varepsilon} \cos^{n-1}\varepsilon\,(h\cos\varepsilon + n\sin\varepsilon)}{h^2 + n^2} + \frac{n(n-1)}{h^2+n^2} \int e^{h\varepsilon} \cos^{n-2}\varepsilon\,d\varepsilon \text{ ist,}$$

so folgt für $n = 0$:

$$\int e^{h\varepsilon}\,d\varepsilon = \frac{1}{h}\,e^{h\varepsilon}.$$

Dieses Integral geht für $\varepsilon = 0$ in $\frac{1}{h}$, für $\varepsilon = 2\pi$ in $\frac{1}{h}\,e^{2h\pi}$ über.

Ferner ist

$$\int e^{-h\varepsilon}\,d\varepsilon = -\frac{1}{h}\,e^{-h\varepsilon},$$

welches für $\varepsilon = 0$ in $-\frac{1}{h}$,

für $\varepsilon = 2\pi$ in $-\frac{1}{h}\,e^{-2\pi h}$ übergeht. Demnach wird:

$$\int_0^{2\pi} \frac{e^{h\varepsilon} + e^{-h\varepsilon}}{2}\,d\varepsilon = \frac{1}{2h}\left(e^{2h\pi} - e^{-2h\pi}\right).$$

Fährt man in gleicher Weise fort, d. h. betrachtet man die einzelnen auftretenden Glieder in Bezug auf die Grenzen 0 und 2π, so ergibt sich schliesslich aus Gleichung 62), wenn man darin die bekannten Exponentialgrössen für $\cos i\,h\,\varepsilon$ und $\sin i\,h\,\varepsilon$ einführt und sie demnach schreibt:

$$62^a)\quad \int_0^{2\pi} \cos(i\,h\,\varepsilon - k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \int_0^{2\pi} \frac{e^{h\varepsilon} + e^{-h\varepsilon}}{2} \cos(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon + i\int_0^{2\pi} \frac{e^{h\varepsilon} - e^{-h\varepsilon}}{2} \sin(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon,$$

folgender Wert:

$$\int_0^{2\pi} \frac{e^{h\varepsilon} + e^{-h\varepsilon}}{2} \cos(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \frac{e^{2h\pi} - e^{-2h\pi}}{2h} \times \left\{1 - \frac{k^2}{(h^2+2^2)} + \frac{k^4}{(h^2+2^2)(h^2+4^2)} \mp \cdots\right\}.$$

Für den imaginären Teil der Gleichung $62^a)$ erhält man folgendes:

Es ist für $\varepsilon = 0$ resp. $\varepsilon = 2\pi$

$$\int e^{h\varepsilon}\, k\sin\varepsilon\,d\varepsilon = -\frac{k}{h^2+1} \text{ resp. } -\frac{e^{2h\pi}\,k}{h^2+1}$$

$$-\int e^{-h\varepsilon}\, k\sin\varepsilon\,d\varepsilon = +\frac{k}{h^2+1} \text{ resp. } +\frac{e^{-2h\pi}\,k}{h^2+1}.$$

Durch Addition entsteht folglich ein Glied von der Form:

$$-(e^{2h\pi} - e^{-2h\pi})\frac{k}{h^2+1}.$$

Fährt man in derselben Weise wie vorher fort, indem man auf die Integrationsgrenzen Rücksicht nimmt, so wird schliesslich:

$$\int_0^{2\pi} \frac{e^{h\varepsilon} - e^{-h\varepsilon}}{2} \sin(k\sin\varepsilon)\,d\varepsilon = -\frac{e^{2h\pi} - e^{-2h\pi}}{2} \times \left\{\frac{k}{h^2+1} - \frac{k^3}{(h^2+1)(h^2+3^2)} \pm \cdots\right\}$$

Durch Zusammenfassen beider Teile entsteht die Gleichung:

$$62^b) \int_0^{2\pi} \cos(i\,h\varepsilon - k \sin\varepsilon)\,d\varepsilon = \frac{e^{2h\pi} - e^{-2h\pi}}{2h} \times \left\{1 - \frac{k^2}{h^2+2^2} + \frac{k^4}{(h^2+2^2)(h^2+4^2)} \mp \cdots\right\}$$
$$- i\,\frac{e^{2h\pi} - e^{-2h\pi}}{2}\left\{\frac{k}{h^2+1} - \frac{k^3}{(h^2+1)(h^2+3^2)} + \frac{k^5}{(h^2+1)(h^2+3^2)(h^2+5^2)} \mp \cdots\right\}.$$

Geht man wieder von den imaginären Grössen zurück, indem man in diese Gleichung für h den Wert — h i einsetzt, so ergibt sich:

$$63) \frac{h}{\sin 2h\pi}\int_0^{2\pi} \cos(h\,\varepsilon - k \sin\varepsilon)\,d\varepsilon = 1 + \frac{k^2}{h^2-2^2} + \frac{k^4}{(h^2-2^2)(h^2-4^2)} + \frac{k^6}{(h^2-2^2)(h^2-4^2)(h^2-6^2)} + \cdots$$
$$+ h\left\{\frac{k}{h^2-1} + \frac{k^3}{(h^2-1)(h^2-3^2)} + \frac{k^5}{(h^2-1)(h^2-3^2)(h^2-5^2)} + \cdots\right\}$$

Diese neue Entwicklung für die J-Funktion, welche für alle Werte von h, mögen sie ganze oder gebrochene Zahlen sein, giltig ist, enthält als Specialfall die von Bessel gegebene Reihenentwicklung, was leicht zu beweisen ist, wenn man die Werte der die Form $\frac{0}{0}$ annehmenden Glieder bestimmt.

Versteht man also unter h irgend eine ganze oder gebrochene Zahl, so gibt die ebengefundene neue Entwickelung folgende allgemeinere Differentialgleichung für $\overset{h}{J}(k)$:

$$0 = \frac{d^2 \overset{h}{J}(k)}{dk^2} + \frac{1}{k}\,\frac{d\overset{h}{J}(k)}{dk} + \left(1 - \frac{h^2}{k^2}\right)\overset{h}{J}(k) + \frac{h+k}{k^2}\sin 2h\pi;$$

für ein ganzes h geht dieselbe in die von Bessel gegebene über, da für diesen Fall $\sin 2h\pi = 0$ ist.

Setzt man in der Differentialgleichung:

$$0 = \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dy}{dx} + y\left(1 - \frac{i^2}{x^2}\right)$$

$y = x^i z$ ein, so wird:

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} = i\,(i-1)\,x^i z + 2i\,x^{i+1}\frac{dz}{dx} + x^{i+2}\frac{d^2z}{dx^2},$$

$$x\frac{dy}{dx} = i\,x^i z + x^{i+1}\frac{dz}{dx},$$

$$(x^2 - i^2)\,y = x^{i+2} z - i^2 . x^i z,$$

also:

$$0 = i\left\{(i-1)\,z\,x^i + z\,x^i - i\,x^i z\right\} + x^{i+2} z + \left\{2i\,x^{i+1} + x^{i+1}\right\}\frac{dz}{dx} + x^{i+2}\frac{d^2z}{dx^2},$$

oder, da das erste Klammerglied verschwindet:

$$0 = x^{i+2}\,z + (2i+1)\,x^{i+1}\frac{dz}{dx} + x^{i+2}\frac{d^2z}{dx^2},$$

d. h. $$0 = \frac{d^2z}{dx^2} + \frac{2i+1}{x}\cdot\frac{dz}{dx} + z.$$

Die Differentialgleichung hat die einfachste Form, wenn die Funktion $\overset{h}{J}(k)$ für den Fall, dass h eine ganze Zahl bedeutet, untersucht werden soll. Setzt man nämlich

$$\overset{h}{J}(k) = k^h z,$$

so wird:

$$64)\quad 0 = \frac{d^2z}{dk^2} + \frac{2h+1}{k}\frac{dz}{dk} + z,$$

und es bleibt nun die Untersuchung der Funktion z übrig.

Anger gibt im weiteren die Entwicklung der Funktion $\overset{h}{J}(k)$ in eine Reihe, welche nach fallenden Potenzen von k fortschreitet, und zwar teilt er dafür zwei Methoden mit, von denen die eine die Benutzung der Differentialgleichung fordert, die andere durch Anwendung der Γ-Funktion leicht zu erhalten ist.

Die erste Darstellungsmethode ist folgende: Setzt man in der Differentialgleichung 64) statt $2h+1$ die Grösse $-2i$, so geht sie über in:

$$\frac{d^2z}{d\xi^2} + \xi^{-\frac{4i}{2i+1}} z = 0,$$

wo $k = (2i+1)\,\xi^{\frac{1}{2i+1}}$ ist.

Das vollständige Integral dieser Gleichung ist nach Euler:

$$z = k^i\left\{1 - \frac{i\,(i^2-1)\,(i+2)}{1\,.\,2\,.\,4\,k^2} + \frac{i\,(i^2-1)\,(i^2-4)\,(i^2-9)\,(i+4)}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,16\,k^4} \mp \cdots\right\}.$$

$$(\alpha \cos k + \beta \sin k)$$

$$+ k^i\left\{\frac{i\,(i+1)}{2k} - \frac{i\,(i^2-1)\,(i^2-4)\,(i+3)}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,8\,k^3} + \right.$$

$$\left. + \frac{i\,(i^2-1)\,(i^2-4)\,(i^2-9)\,(i^2-16)\,(i+5)}{1\,.\,2\,.\,3\,.\,4\,.\,5\,.\,32\,k^5} \mp \cdots\right\} (\beta \cos k - \alpha \sin k),$$

woraus folgt, da

$$i = -\frac{2h+1}{2},\quad k^{i+h} = \frac{1}{\sqrt{k}} \text{ ist,}$$

$$65)\quad \overset{h}{J}(k) = \frac{\alpha \cos k + \beta \sin k}{\sqrt{k}}\left\{1 - \frac{(1-4h^2)\,(9-4h^2)}{\Pi(2)\,(8k)^2}\right.$$

$$\left. + \frac{(1-4h^2)\,(9-4h^2)\,(25-4h^2)\,(49-4h^2)}{\Pi(4)\,(8k)^4} \pm \cdots\right\} +$$

$$+ \frac{\alpha \sin k - \beta \cos k}{\sqrt{k}}\left\{\frac{1-4h^2}{8k} - \frac{(1-4h^2)\,(9-4h^2)\,(25-4h^2}{\Pi(3)\,(8k)^3} \pm \cdots\right\},$$

wo α und β die beiden Integrationskonstanten sind, und zwar, wie früher gezeigt:

$$\alpha = \beta = \frac{1}{\sqrt{\pi}}.$$

Für $h = 0$ entsteht:

$$66)\quad \overset{0}{J}(k) = \frac{\cos k + \sin k}{\sqrt{k\pi}}\left\{1 - \frac{3^2}{\Pi(2)\,(8k)^2} + \frac{3^2\,.\,5^2\,.\,7^2}{\Pi(4)\,(8k)^4} \mp \cdots\right\}$$

$$+ \frac{\sin k - \cos k}{\sqrt{k\pi}}\left\{\frac{1}{8k} - \frac{3^2\,.\,5^2}{\Pi(3)\,(8k)^3} + \frac{3^2\,.\,5^2\,.\,7^2\,.\,9^2}{\Pi(5)\,(8k)^5} \mp \cdots\right\}.$$

Die Entwickelung von $\overset{0}{J}(k)$ in vorstehender Gleichung kann aber auch ohne Benutzung der Differentialgleichung zugleich mit der Bestimmung der Konstanten leicht direkt gefunden werden.

Da nämlich:

$$\pi \cdot \overset{0}{J}(k) = \frac{\cos k}{\sqrt{2k}} \int_0^{2k} \left(\frac{\cos\omega}{\sqrt{\omega}} + \frac{\cos\omega}{\sqrt{\omega}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega}{2k} + \frac{\cos\omega}{\sqrt{\omega}} \cdot \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{\omega^2}{4k^2} + \cdots \right) d\omega.$$

$$+ \frac{\sin k}{\sqrt{2k}} \int_0^{2k} \left(\frac{\sin\omega}{\sqrt{\omega}} + \frac{\sin\omega}{\sqrt{\omega}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega}{2k} + \frac{\sin\omega}{\sqrt{\omega}} \cdot \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{\omega^2}{4k^2} + \cdots \right) \omega, \quad *)$$

so ist, wenn k eine grosse Zahl bedeutet, näherungsweise, und für $k = \infty$ genau

$$67) \quad \pi \cdot \overset{0}{J}(k) = \frac{2\cos k}{\sqrt{2k}} \int_0^{\infty} \left(\frac{\cos\omega}{\sqrt{\omega}} + \frac{\omega^{1/2}}{4k} \cos\omega + \frac{1.3}{2.4} \cdot \frac{1}{4k^2} \omega^{3/2} \cos\omega + \cdots \right) d\omega$$

$$+ \frac{2 \sin k}{\sqrt{2k}} \int_0^{\infty} \left(\frac{\sin\omega}{\sqrt{\omega}} + \frac{\omega^{1/2}}{4k} \sin\omega + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{4k^2} \omega^{3/2} \sin\omega + \cdots \right) d\omega.$$

Nach der gewöhnlichen Beziehung aber ist:

$$\Gamma(\mu) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\mu-1} dx,$$

und es gelten die bekannten Beziehungen

$$\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi};$$

---

*) Diese Gleichung folgt aus der Beziehung:

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos(k \cos\varepsilon)\, d\varepsilon$$

oder:

$$\pi \cdot \overset{0}{J}(k) = \int_0^{\pi} \left[\cos k \cos\left(2k \sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon\right) + \sin k \cdot \sin\left(2k \sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon\right) \right] d\varepsilon;$$

oder für

$$2k \cdot \sin^2 \frac{1}{2}\varepsilon = \mu,$$

$$\pi \cdot \overset{0}{J}(k) = \cos k \int_0^{2k} \cos\mu \frac{d\mu}{\sqrt{2k\mu - \mu^2}} + \sin k \int_0^{2k} \sin\mu \frac{d\mu}{\sqrt{2k\mu - \mu^2}},$$

wenn man in Reihen entwickelt.

und $$\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)=\frac{1\,.\,3\,.\,5\,\ldots\,(2m-1)}{2m}\sqrt{\pi};$$

sowie:

$$\int_0^\infty x^{a-1}\cos b\,x\,dx=\frac{\cos\frac{a\,\pi}{2}}{b^a}\,\Gamma(a),$$

$$\int_0^\infty x^{a-1}\sin b\,x\,dx=\frac{\sin\frac{a\,\pi}{2}}{b^a}\,\Gamma(a);$$

also auch:

$$\int_0^\infty\frac{\cos\omega}{\sqrt{\omega}}d\omega=\sqrt{\frac{\pi}{2}}\text{ (nach Laplace)},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-1/2}\cos\omega\,d\omega=\cos\frac{3\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{3}{2}\right)=-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1}{2}\sqrt{\pi},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-3/2}\cos\omega\,d\omega=\cos\frac{5\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{5}{2}\right)=-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1\,.\,3}{2^2}\sqrt{\pi},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-5/2}\cos\omega\,d\omega=\cos\frac{7\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{7}{2}\right)=+\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1\,.\,3\,.\,5}{2^3}\sqrt{\pi},$$

u. s. w.

$$\int_0^\infty\sin\omega\frac{d\omega}{\sqrt{\omega}}=\sqrt{\frac{\pi}{2}}\text{ (nach Laplace)},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-1/2}\sin\omega\,d\omega=\sin\frac{3\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{3}{2}\right)=+\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1}{2}\sqrt{\pi},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-3/2}\sin\omega\,d\omega=\sin\frac{5\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{5}{2}\right)=-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1\,.\,3}{2^2}\sqrt{\pi},$$

$$\int_0^\infty\omega^{-5/2}\sin\omega\,d\omega=\sin\frac{7\pi}{4}\,\Gamma\left(\frac{7}{2}\right)=-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{1\,.\,3\,.\,5}{2^3}\sqrt{\pi},$$

u. s. w.

Durch Substitution dieser Werte in Gleichung 67) ergibt sich:

$$68)\quad \overset{0}{J}(k) = \frac{\cos k}{\sqrt{k\pi}}\left\{1 - \frac{3^2}{\Pi(2)\,(8k)^2} - \frac{3^2\cdot 5^2}{\Pi(3)\,(8k)^3} \pm\pm\cdots\right\}$$

$$+ \frac{\sin k}{\sqrt{k\pi}}\left\{1 + \frac{1}{8k} - \frac{3^2}{\Pi(2)\,(8k)^2} - \frac{3^2\cdot 5^2}{\Pi(3)\,(8k)^3} \pm\pm\cdots\right\},$$

oder (in Übereinstimmung mit Gleichung 66))

$$\overset{0}{J}(k) = \frac{\cos k + \sin k}{\sqrt{k\pi}}\left\{1 - \frac{3^2}{\Pi(2)\,(8k)^2} + \frac{3^2\cdot 5^2\cdot 7^2}{\Pi(4)\,(8k)^4} \pm\cdots\right\}$$

$$+ \frac{\sin k - \cos k}{\sqrt{k\pi}}\left\{\frac{1}{8k} - \frac{3^2\cdot 5^2}{\Pi(3)\,(8k)^3} + \frac{3^2\cdot 5^2\cdot 7^2\cdot 9^2}{\Pi(5)\,(8k)^5} \mp\cdots\right\}.$$

Um die von Bessel gegebene Auflösung der Kepler'schen Aufgabe resp. die Entwickelung der Mittelpunktsgleichung in noch einfachere Formen zu bringen, transformiert Anger im Verlaufe seiner Arbeit die von Bessel bereits gegebene Gleichung 35), welche lautet:

$$\frac{i}{2}A_{(i)} = \overset{i}{J}(i\,e) + \lambda\,[\overset{i+1}{J}(i\,e) + \overset{i-1}{J}(i\,e)] + \lambda^2\,[\overset{i+2}{J}(i\,e) + \overset{i-2}{J}(i\,e)] + \cdots$$

Setzt man hierin:

$$e = \sin\varphi,$$

so wird:

$$\lambda = \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2},\quad ie = \frac{2i\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2}} = 2i\operatorname{tg}\frac{1}{2}\varphi\cdot\cos^2\frac{1}{2}\varphi,$$

und man erhält, wenn man der Kürze wegen einführt:

$$\nu = i\cos^2\frac{1}{2}\varphi,$$

woraus folgt:

$$\frac{ie}{2} = \lambda\nu,$$

aus der Reihenentwickelung von $\overset{h}{J}(k)$ nach Potenzen von $\frac{1}{2}k$:

$$\overset{i}{J}(ie) = \frac{\nu^i \lambda^i}{1.2.3\ldots i} - \frac{\nu^{i+2} \lambda^{i+2}}{1.2.3\ldots(i+1)} + \frac{\nu^{i+4} \lambda^{i+4}}{1.2.1.2.3\ldots(i+2)}$$
$$- \frac{\nu^{i+6} \lambda^{i+6}}{1.2.3.1.2.3\ldots(i+3)} + \frac{\nu^{i+8} \lambda^{i+8}}{1.2.3.4.1.2.3\ldots(i+4)} \mp \cdots$$

$$\lambda \overset{i+1}{J}(ie) = + \frac{\nu^{i+1} \lambda^{i+2}}{1.2.3\ldots(i+1)} - \frac{\nu^{i+3} \lambda^{i+4}}{1.2.3\ldots(i+2)}$$
$$+ \frac{\nu^{i+5} \lambda^{i+6}}{1.2.1.2.3\ldots(i+3)} - \frac{\nu^{i+7} \lambda^{i+8}}{1.2.3.1.2.3\ldots(i+4)} \pm \cdots$$

$$\lambda \overset{i-1}{J}(ie) = \frac{\nu^{i-1} \lambda^i}{1.2.3\ldots(i-1)} - \frac{\nu^{i+1} \lambda^{i+2}}{1.2.3\ldots i} + \frac{\nu^{i+3} \lambda^{i+4}}{1.2.1.2.3\ldots(i+1)}$$
$$- \frac{\nu^{i+5} \lambda^{i+6}}{1.2.3.1.2.3\ldots(i+2)} + \frac{\nu^{i+7} \lambda^{i+8}}{1.2.3.4.1.2.3\ldots(i+3)} \mp \cdots$$

$$\lambda^2 \overset{i+2}{J}(ie) = + \frac{\nu^{i+2} \lambda^{i+4}}{1.2.3\ldots(i+2)}$$
$$- \frac{\nu^{i+4} \lambda^{i+6}}{1.2.3\ldots(i+3)} + \frac{\nu^{i+6} \lambda^{i+8}}{1.2.1.2.3\ldots(i+4)} \mp \cdots$$

$$\lambda^2 \overset{i-2}{J}(ie) = \frac{\nu^{i-2} \lambda^i}{1.2.3\ldots(i-2)} - \frac{\nu^i \lambda^{i+2}}{1.2.3\ldots(i-1)} + \frac{\nu^{i+2} \lambda^{i+4}}{1.2.1.2.3\ldots i}$$
$$- \frac{\nu^{i+4} \lambda^{i+6}}{1.2.3.1.2.3\ldots(i+1)} + \frac{\nu^{i+6} \lambda^{i+8}}{1.2.3.4.1.2.3\ldots(i+2)} \mp \cdots$$

u. s. w.

Durch Summation aller entsprechenden Glieder ergibt sich, wenn man mit Hansen setzt:

$$P_i = 1 + \nu + \frac{\nu^2}{1.2} + \frac{\nu^3}{1.2.3} + \cdots + \frac{\nu^i}{1.2.3\ldots i},$$

$$P_{i+1} = P_i + \frac{\nu^{i+1}}{1.2.3\ldots i\,(i+1)},$$

$$P_{i+2} = P_{i+1} + \frac{\nu^{i+2}}{1.2.3\ldots(i+2)}$$

u. s. w.

$$Q_1 = 1 - \nu,\ Q_2 = Q_1 + \frac{\nu^2}{2},$$

$$Q_3 = Q_2 - \frac{\nu^3}{2 \cdot 3}$$

u. s. w.

als Wert für $\frac{i}{2} A_{(i)}$ folgender:

$$\begin{aligned}\frac{i}{2} A_{(i)} = P_i \lambda^i &- \left\{\nu P_{i+1} - \frac{\nu^{i+1}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+1)}\right\} \lambda^{i+2} + \\ &+ \left\{\frac{\nu^2}{1 \cdot 2} P_{i+2} - \frac{\nu^{i+3}}{1 \cdot 2 \ldots (i+2)} + \frac{\nu^{i+2}}{1 \cdot 2 \ldots (i+2)}\right\} \lambda^{i+4} \\ &- \left\{\frac{\nu^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} P_{i+3} - \frac{\nu^{i+5}}{1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+3)} + \right. \\ &\left. + \frac{\nu^{i+4}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+3)} - \frac{\nu^{i+3}}{1 \cdot 2 \ldots (i+3)}\right\} \lambda^{i+6} \\ &+ \left\{\frac{\nu^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} P_{i+4} - \frac{\nu^{i+7}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+4)}\right. \\ &+ \frac{\nu^{i+6}}{1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+4)} - \frac{\nu^{i+5}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+4)} \\ &\left. + \frac{\nu^{i+4}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (i+4)}\right\} \lambda^{i+8} \\ &- \ldots\ldots\ldots\end{aligned}$$

Diese Koeffizienten der Potenzen von λ lassen sich aber auch der Reihe nach in folgender Weise darstellen:

$$P_i = P_i,$$

$$\nu P_{i+1} - (P_{i+1} - P_i) = (\nu - 1) P_{i+1} + P_i,$$

$$\frac{\nu^2}{1 \cdot 2} P_{i+2} - \nu (P_{i+2} - P_{i+1}) + (P_{i+2} - P_{i+1}) = \left(\frac{\nu^2}{1.2} - \nu + 1\right) P_{i+2} + \nu P_{i+1} - P_{i+1},$$

$$\frac{\nu^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} P_{i+3} - \frac{\nu^2}{1 \cdot 2} (P_{i+3} - P_{i+2}) + \nu (P_{i+3} - P_{i+2}) - (P_{i+3} - P_{i+2}) =$$

$$= \left(\frac{\nu^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} - \frac{\nu^2}{1 \cdot 2} + \nu - 1\right) P_{i+3} + \left(\frac{\nu^2}{1 \cdot 2} - \nu + 1\right) P_{i+2} \text{ u. s. w.}$$

Mithin:

$$\frac{i}{2} A_{(i)} = P_i \lambda^i + (Q_1 P_{i+1} - P_i) \lambda^{i+2} + (Q_2 P_{i+2} - Q_1 P_{i+1}) \lambda^{i+4}$$
$$+ (Q_3 P_{i+3} - Q_2 P_{i+2}) \lambda^{i+6} + (Q_4 P_{i+4} - Q_3 P_{i+3}) \lambda^{i+8} + \cdots$$

oder:

$$\frac{i}{2} A^{(i)} = P_i \lambda^i (1 - \lambda^2) + Q_1 P_{i+1} \lambda^{i+2} (1 - \lambda^2) + Q_2 P_{i+2} \lambda^{i+4} (1 - \lambda^2)$$
$$+ \cdots,$$

also auch:

$$69) \quad \nu - \mu = (1 - \lambda^2) \sum_1^\infty \frac{2}{i} \left\{ P_i \lambda^i + P_{i+1} Q_1 \lambda^{i+2} + P_{i+2} Q_2 \lambda^{i+4} + \cdots \right\} \sin i\mu,$$

weil war:

$$\nu - \mu = A_1 \sin \mu + A_2 \sin 2\mu + A_3 \sin 3\mu + \cdots .^*)$$

Die Gleichung 69) stellt in dieser Form die von Hansen für die Mittelpunktsgleichung gegebene Entwickelung dar.

Was die Entwickelung des Radius-vector betrifft, so ist, wenn man denselben durch r und die halbe Axe durch a bezeichnet, und setzt:

$$r = A_0 + B_1 \cos \mu + B_2 \cos 2\mu + B_3 \cos 3\mu + \cdots$$

$$B_{(i)} = - \frac{ae}{i\pi} \int_0^{2\pi} \sin (i\varepsilon - ie \sin \varepsilon) \sin \varepsilon \, d\varepsilon.$$

Man hat aber:

$$\sin(i\varepsilon - ie \sin \varepsilon) \sin \varepsilon = \frac{1}{2} \left\{ \cos((i-1)\varepsilon - ie \sin \varepsilon) - \cos((i+1)\varepsilon - ie \sin \varepsilon \right\}.$$

Demnach:

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \sin (i\varepsilon - ie \sin \varepsilon) \sin \varepsilon \, d\varepsilon = \overset{i-1}{J}(ie) - \overset{i+1}{J}(ie)$$

also:

$$i \, . \, B_{(i)} = a e \left\{ \overset{i+1}{J}(ie) - \overset{i-1}{J}(ie) \right\}.$$

Der Fall $i = o$ macht eine Ausnahme. Nach bekannten Sätzen ist nämlich das erste Glied der Reihenentwickelung, d. h. der Koeffizient von cos $o.\mu$:

*) Seite 224.

$$A_0 = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} r\, d\mu = \frac{a}{2\pi}\int_0^{2\pi} (1 - e\cos\varepsilon)^2\, d\varepsilon = a\left(1 + \frac{e^2}{2}\right).$$

Man hat demnach:

$$\frac{r}{a} = 1 + \frac{e^2}{2} - e\sum_1^{\infty}\frac{1}{i}\left\{\overset{i+1}{J}(ie) - \overset{i-1}{J}(ie)\right\}$$

und die Entwicklung ergibt

$$70)\quad B_{(i)} = -\frac{2}{i}\frac{\left(\frac{ie}{2}\right)}{\Pi(i)}\left\{i - \frac{i+2}{1\,.\,(i+1)}\cdot\left(\frac{ie}{2}\right)^2 + \frac{i+4}{1\,.\,2\,(i+1)\,(i+2)}\left(\frac{ie}{2}\right)^4 \mp \cdots\right\}$$

V.

Schlömilch gibt im II. Jahrgang der Zeitschrift für Mathematik und Physik vom Jahre 1857 einen Abriss der Bessel'schen Funktion, worin er ausser den bereits früher abgeleiteten Formeln und Beziehungen neue aufstellt, namentlich andere Integrationswerte für die Funktion. Er bedient sich stets der Hansen'schen Bezeichnungsweise, von welcher man ja, wie früher gezeigt, leicht zu der Bessel'schen übergehen kann.

Nachdem er die bekannten Formeln:

$$\overset{-n}{J}(\lambda) = (-1)^n \overset{n}{J}(\lambda),$$

$$\overset{n}{J}(-\lambda) = (-1)^n \overset{n}{J}(\lambda),$$

$$n\overset{n}{J}(\lambda) = \lambda\,(\overset{n-1}{J}(\lambda) + \overset{n+1}{J}(\lambda)),$$

in sehr einfacher, der Hansen'schen Ableitungsart ähnlicher Weise hergeleitet hat, gibt er zuerst eine Entwicklung für $\overset{n}{J}(\lambda)$. Er multipliziert die beiden Reihen

$$c^{\lambda x} = 1 + \frac{\lambda}{1}x + \frac{\lambda^2}{1\,.\,2}x^2 + \frac{\lambda^3}{1\,.\,2\,.\,3}x^3 + \cdots$$

$$c^{-\frac{\lambda}{x}} = 1 - \frac{\lambda}{1}\cdot\frac{1}{x} + \frac{\lambda^2}{1\,.\,2}\cdot\frac{1}{x^2} - \frac{\lambda^3}{1\,.\,2\,.\,3}\cdot\frac{1}{x^3} \pm \cdots$$

miteinander und vergleicht dieses Produkt mit der bereits von Hansen abgeleiteten Gleichung (48.1) Das Resultat stellt sich in folgender Form dar:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = 1 - \frac{\lambda^2}{1!\,1!} + \frac{\lambda^4}{2!\,2!} - \frac{\lambda^6}{3!\,3!} \pm \cdots$$

$$\overset{1}{J}(\lambda) = \frac{\lambda}{1!} - \frac{\lambda^3}{1!\,2!} + \frac{\lambda^5}{2!\,3!} - + \cdots$$

$$\overset{2}{J}(\lambda) = \frac{\lambda^2}{2} - \frac{\lambda^4}{1!\,3!} + \frac{\lambda^6}{2!\,4!} - \frac{\lambda^8}{3!\,5!} \pm \cdots \text{ u. s. w.}$$

allgemein:

$$71) \quad \overset{n}{J}(\lambda) = \frac{\lambda^n}{n!} - \frac{\lambda^{n+2}}{1!\,(n+1)!} + \frac{\lambda^{n+4}}{2!\,(n+2)!} \mp \cdots =$$

$$= \sum_{m=0}^{m=\infty} (-1)^m \frac{\lambda^{n+2m}}{m!\,(n+m)!}.$$

Von der Richtigkeit dieser auf dem Wege der Induktion gefundenen Formel überzeugt man sich leicht vermittelst des Schlusses von n auf $n+1$, wenn man die nach Gleichung 71) gebildeten Werte von $\overset{n}{J}(\lambda)$ und $\overset{n-1}{J}(\lambda)$ in die bekannte Formel substituiert, welche lautet:

$$n\,\overset{n}{J}(\lambda) = \lambda\,[\overset{n-1}{J}(\lambda) + \overset{n+1}{J}(\lambda)].$$

Eine weitere Eigenschaft erhält Schlömilch durch die Multiplikation der beiden von Hansen gegebenen Gleichungen 48). Links ergibt sich die Einheit und rechts eine nach Potenzen von x und $\frac{1}{x}$ fortschreitende Reihe, deren konstantes Glied der Einheit gleich sein muss, während die Koeffizienten der verschiedenen Potenzen von x und $\frac{1}{x}$ verschwinden müssen. Die erste Bemerkung führt zu der Relation

$$72) \quad 1 = [\overset{0}{J}(\lambda)]^2 + 2\,[\overset{1}{J}(\lambda)]^2 + 2\,[\overset{2}{J}(\lambda)]^2 + 2\,[\overset{3}{J}(\lambda)]^2 + \ldots,$$

woraus hervorgeht, dass die Funktion $\overset{0}{J}(\lambda)$ die Einheit nicht übersteigen kann, und dass die übrigen Transcendenten nie grösser als $\frac{1}{\sqrt{2}}$ werden können.

Das allgemeine Glied der Gleichung 71) war, vom Vorzeichen abgesehen

$$\frac{\lambda^{n+2p}}{p!\,(p+n)!};$$

durch Differentiation dieser Gleichung 71) erhält man eine neue Reihe, deren allgemeines Glied ist

$$\frac{(n+2p)\,\lambda^{n+2p-1}}{p!\,(n+p)!} = \frac{\lambda^{n+2p-1}}{p!\,(n+p-1)!} + \frac{\lambda^{n+2p-1}}{(p-1)!\,(n+p)!},$$

und man hat daher:

$$\frac{d\,\overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda} = \frac{\lambda^{n-1}}{(n-1)!} - \frac{\lambda^{n+1}}{1!\,n!} + \frac{\lambda^{n+3}}{2!\,(n+1)!} \mp \cdots$$
$$- \frac{\lambda^{n+1}}{(n+1)!} + \frac{\lambda^{n+3}}{1!\,(n+2)!} \mp \cdots$$

d. h.

$$73)\quad \frac{d\,\overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda} = \overset{n-1}{J}(\lambda) - \overset{n+1}{J}(\lambda).$$

Aus dieser Formel lässt sich in Verbindung mit der bekannten Relation

$$n\,\overset{n}{J}(\lambda) = \lambda\,(\overset{n-1}{J}(\lambda) + \overset{n+1}{J}(\lambda))$$

eine neue Gleichung zwischen zwei aufeinander folgenden Transcendenten herleiten; die Elimination von $\overset{n-1}{J}(\lambda)$ ergibt nämlich:

$$74)\quad \overset{n+1}{J}(\lambda) = \frac{n}{2\lambda}\,\overset{n}{J}(\lambda) - \frac{1}{2}\,\frac{d\,\overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda},$$

oder

$$74^a)\quad \frac{d\,\overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda} = \frac{n}{\lambda}\,\overset{n}{J}(\lambda) - 2\,\overset{n+1}{J}(\lambda);$$

durch Differentiation folgt (wenn man vorstehende Gleichung als Reduktionsgleichung benutzt):

$$\frac{d^2\,\overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} = \frac{n\,(n-1)}{\lambda^2}\,\overset{n}{J}(\lambda) - \frac{4n+2}{\lambda}\,\overset{n+1}{J}(\lambda) + 4\,\overset{n+2}{J}(\lambda)$$

und wenn man noch (wie früher ausgeführt wurde) $\overset{n+2}{J}(\lambda)$ durch $\overset{n}{J}(\lambda)$ und $\overset{n+1}{J}(\lambda)$ darstellt:

$$75) \quad \frac{d^2 \overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} = \left\{ \frac{n(n-1)}{\lambda^2} - 4 \right\} \overset{n}{J}(\lambda) + \frac{2}{\lambda} \overset{n+1}{J}(\lambda).$$

In dieser Weise kann man alle Differentialquotienten von $\overset{n}{J}(\lambda)$ successive durch $\overset{n}{J}(\lambda)$ und $\overset{n+1}{J}(\lambda)$ ausdrücken.

Multipliziert man die Gleichung 74^a) mit $\frac{1}{\lambda}$ und addiert sie zu Gleichung 75), so hebt sich $\overset{n+1}{J}(\lambda)$, und es bleibt:

$$76) \quad \frac{d^2 \overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda^2} + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{d \overset{n}{J}(\lambda)}{d\lambda} - \left[\frac{n^2}{\lambda^2} - 4 \right] \overset{n}{J}(\lambda) = 0,$$

welches die allgemeinere Form der Differentialgleichung für $\overset{n}{J}(\lambda)$ ist; ein Specialfall für $n = 0$ wurde bereits früher von Hansen behandelt (Gleichung 53).

Die Darstellung der $\overset{n}{J}$-funktion durch ein bestimmtes Integral macht sich nach Schlömilch nun folgendermassen:

Aus der von Hansen gegebenen etwas anders geschriebenen Gleichung 48.1)

$$c^{\lambda\left(x-\frac{1}{x}\right)} = \overset{0}{J}(\lambda) + \overset{2}{J}(\lambda)\left(x^2 + \frac{1}{x^2}\right) + \overset{4}{J}(\lambda)\left(x^4 + \frac{1}{x^4}\right) + \cdots$$
$$+ \overset{1}{J}(\lambda)\left(x - \frac{1}{x}\right) + \overset{3}{J}(\lambda)\left(x^3 - \frac{1}{x^3}\right) + \cdots$$

ergibt sich mit Hülfe der Substitution

$$x = \omega\sqrt{-1} = i\omega,$$

und bei Vergleichung der reellen und imaginären Teile:

$$\cos(2\lambda \sin\omega) = \overset{0}{J}(\lambda) + 2\overset{2}{J}(\lambda)\cos 2\omega + 2\overset{4}{J}(\lambda)\cos 4\omega + \cdots$$
$$\sin(2\lambda \sin\omega) = 2\overset{1}{J}(\lambda)\sin\omega + 2\overset{3}{J}(\lambda)\sin 3\omega + \cdots$$

Aus der ersten dieser Gleichungen folgt:

$$77) \quad \int_0^{\pi} \cos(2\lambda \sin\omega)\cos n\omega \, d\omega = \pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda) \text{ für gerades } n$$
$$= 0 \quad \text{» ungerades } n;$$

aus der zweiten:

78) $$\int_0^{\pi} \sin(2\lambda \sin\omega) \sin n\omega \, d\omega = \pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda) \text{ für ungerades } n$$

$$= 0 \quad \text{» gerades } n;$$

oder allgemeiner für jedes n:

79) $$\int_0^{\pi} \cos(n\omega - 2\lambda \sin\omega) \, d\omega = \pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda),$$

was leicht durch Auflösen von $\cos(n\omega - 2\lambda \sin\omega)$ und Integrieren der einzelnen Glieder als Zusammenfassung der Gleichungen 77) und 78) zu erkennen ist.

Eine andere Zusammenziehung der Gleichungen 77) und 78) zu einer für jedes n gültigen Formel lässt sich durch folgende Umwandlungen erreichen: Man setzt in 77)

$$\omega = \frac{1}{2}\pi + z;$$

es wird alsdann für ein gerades n:

$$\pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda) = \cos\frac{n\pi}{2} \int_{-\frac{1}{2}\pi}^{+\frac{1}{2}\pi} \cos(2\lambda \cos z) \cos n z \, dz.$$

Die Funktion $\cos(2\lambda \cos z) \cos n z$ hat für negative Werte von z denselben Wert wie für positive z, daher

$$\pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda) = 2\cos\frac{n\pi}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(2\lambda \cos z) \cos n z \, dz$$

$$= \cos\frac{n\pi}{2} \int_0^{\pi} \cos(2\lambda \cos z) \cos n z \, dz.$$

Auf dieses letzte Integral wendet nun Schlömilch die bekannte Jacobi'sche Reduktionsformel

$$\int_0^{\pi} f(\cos z) \cos n z \, dz = \frac{1}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)} \int_0^{\pi} f^{(n)}(\cos z) \sin^{2n} z \, dz.$$

an und erhält für gerade n, wenn ist:

$$f(x) = \cos 2\lambda x$$

$$\int_0^{\pi} \cos(2\lambda \cos z) \cos n z \, dz = \frac{(2\lambda)^n \cos \frac{n\pi}{2}}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)} \int_0^{\pi} \cos(2\lambda \cos z) \sin^{2n} z \, dz,$$

mithin:

$$\pi \cdot \overset{n}{J}(\lambda) = \frac{(2\lambda)^n}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)} \int_0^{\pi} \cos(2\lambda \cos z) \sin^{2n} z \, dz.$$

Transformiert man auf gleiche Weise die Gleichung 78), so erhält man für ungerade n ganz denselben Ausdruck wie eben für $\pi \overset{n}{J}(\lambda)$, letzterer gilt daher für alle n.

Da die Funktion $\cos(2\lambda \cos z) \sin^{2n} z$ von $z = \frac{1}{2}\pi$ bis $z = \pi$ die nämlichen Werte besitzt, wie von $z = 0$ bis $z = \frac{1}{2}\pi$, so kann man auch schreiben:

$$\overset{n}{J}(\lambda) = \frac{2}{\pi} \frac{(2\lambda)^n}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(2\lambda \cos z) \sin^{2n} z \, dz.$$

Setzt man hierin:

$$\cos z = x$$

so wird:

80) $$\overset{n}{J}(\lambda) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{(2\lambda)^n}{1 \cdot 3 \cdot 5 \ldots (2n-1)} \int_0^1 (1-x^2)^{n-\frac{1}{2}} \cos(2\lambda x) \, dx$$

oder:

81) $$\overset{n}{J}(\lambda) = \frac{2\lambda^n}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)} \int_0^1 (1-x^2)^{n-\frac{1}{2}} \cos(2\lambda x) \, dx.$$

Im weiteren Verlaufe seiner Abhandlung gibt Schlömilch den Weg, wie man den für die J-funktion vorkommenden Integralausdruck in eine zur numerischen Berechnung der Funktion dienende Reihe entwickeln kann. Er beschränkt sich dabei auf den Fall $n = 0$, weil ja $\overset{1}{J}(\lambda)$ exc . . . leicht aus $\overset{0}{J}(\lambda)$ hergeleitet werden kann.

Gleichung 80) ergibt für n = o den Wert:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{\cos 2\lambda x}{\sqrt{1-x^2}}\,dx\,;$$

setzt man hierin:

$$x = 1 - y \text{ und } 2\lambda = \mu,$$

so wird:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{\cos(1-y)\mu}{\sqrt{y(2-y)}}\,dy.$$

Die Auflösung des Cosinus ergibt:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{\sqrt{2}}{\pi}\cos\mu\int_0^1 \frac{\cos\mu y}{\sqrt{y}}\,\frac{dy}{\sqrt{1-\frac{1}{2}y}} + \\ + \frac{\sqrt{2}}{\pi}\sin\mu\int_0^1 \frac{\sin\mu y}{\sqrt{y}}\cdot\frac{dy}{\sqrt{1-\frac{1}{2}y}},$$

und durch Entwickelung von $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{2}y}}$ erhält man:

$$\overset{0}{J}(\lambda) = \frac{\sqrt{2}\cdot\cos\mu}{\pi}\int_0^1 \frac{\cos\mu y}{\sqrt{y}}\left\{1 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{y}{2}\right) + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\left(\frac{y}{2}\right)^2 + \cdots\right\}dy \\ + \frac{\sqrt{2}\cdot\sin\mu}{\pi}\int_0^1 \frac{\sin\mu y}{\sqrt{y}}\left\{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{y}{2}\right) + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\left(\frac{y}{2}\right)^2 + \cdots\right\}dy.$$

Die Werte der einzelnen hierin vorkommenden Integrale sind aus den ersten beiden

$$\int_0^1 \frac{\cos\mu y}{\sqrt{y}}\,dy \text{ und } \int_0^1 \frac{\sin\mu y}{\sqrt{2}}\,dy$$

durch Differentiation nach μ leicht herzuleiten. Bezeichnet man ihre Werte nämlich einstweilen mit P und Q, so hat man folgende Gleichungen:

$$\int_0^1 \frac{\cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = P, \qquad \int_0^1 \frac{\sin \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = Q,$$

$$\int_0^1 \frac{y \cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = Q' \qquad \int_0^1 \frac{y \sin \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = -P'$$

$$\int_0^1 \frac{y^2 \cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = -P'' \qquad \int_0^1 \frac{y^2 \sin \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = -Q''$$

$$\int_0^1 \frac{y^3 \cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = -Q''' \qquad \int_0^1 \frac{y^3 \sin \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = +P'''$$

u. s. w.,

wobei die Zeichenwechsel dieselben sind wie bei den Cosinus und Sinus der vier Quadranten. Demnach ist also:

$$\overset{0}{\chi}(\lambda) = \frac{\sqrt{2}}{\pi}\left\{P \cos \mu + Q \sin \mu - \frac{1 \cdot 3}{4 \cdot 8}(P'' \cos \mu + Q'' \sin \mu) + \cdots\right.$$

$$\left. + \frac{1}{4}(Q' \cos \mu - P' \sin \mu) - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{4 \cdot 8 \cdot 12}(Q''' \cos \mu - P''' \sin \mu) + \cdots\right\}$$

Nach einer bekannten Formel aber ist:

$$\int_0^1 \frac{\cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy = \int_0^\infty \frac{\cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy - \int_1^\infty \frac{\cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy$$

$$= \sqrt{\frac{\pi}{2\mu}} - \int_1^\infty \frac{\cos \mu y}{\sqrt{y}}\, dy.$$

Das noch übrige Integral kann nun durch fortgesetzte partielle Integration leicht in eine halb konvergente Reihe verwandelt werden und man erhält:

$$P = \sqrt{\frac{\pi}{2\mu}} - \sin \mu \left\{\frac{1}{\mu} - \frac{1 \cdot 3}{2^2 \mu^3} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2^4 \mu^5} - \cdots\right\}$$

$$+ \cos \mu \left\{\frac{1}{2\mu^2} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2^3 \mu^4} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{2^5 \mu^6} - \cdots\right\};$$

ebenso in ähnlicher Weise

$$Q = \sqrt{\frac{\pi}{2\mu}} + \cos \mu \left\{\frac{1}{\mu} - \frac{1 \cdot 3}{2^2 \cdot \mu^3} + \cdots\right\}$$

$$+ \sin \mu \left\{\frac{1}{2\mu^2} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2^3 \mu^4} + \cdots\right\}.$$

Hieraus sind P', P'' . . . sowie Q', Q'' . . . leicht herzuleiten, und durch Substitution dieser Werte ergibt sicht nach einigen Umformungen endlich:

$$82)\quad \overset{0}{J}(\lambda) = \frac{\cos\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right)}{\sqrt{\lambda\pi}}\left\{1 - \frac{1^2 \cdot 3^2}{4 \cdot 8}\left(\frac{1}{4\lambda}\right)^2 + \right.$$
$$\left. + \frac{1^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7^2}{4 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 16} \cdot \left(\frac{1}{4\lambda}\right)^4 \mp \cdots\right\}$$
$$+ \frac{\sin\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right)}{\sqrt{\lambda\pi}}\left\{\frac{1^2}{4}\left(\frac{1}{4\lambda}\right)^2 - \frac{1^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2}{4 \cdot 8 \cdot 12}\left(\frac{1}{4\lambda}\right)^3 \mp \cdots\right\},$$

oder in anderer Form

$$83)\quad \overset{0}{J}(\lambda) = \frac{\cos\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right)}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{1}{\sqrt{\lambda}} - \frac{9}{512\,(\sqrt{\lambda})^5} + \frac{3675}{524288\,(\sqrt{\lambda})^9} \mp \cdots\right\}$$
$$+ \frac{\sin\left(2\lambda - \frac{1}{4}\pi\right)}{\sqrt{\pi}}\left\{\frac{1}{16\,(\sqrt{\lambda})^3} - \frac{75}{8192\,(\sqrt{\lambda})^7} + \frac{297675}{41943040\,(\sqrt{\lambda})^{11}} \mp \cdots\right\}.$$

Diese Gleichung stimmt mit der von Hansen gegebenen (Gleichung 54) vollständig überein; derselbe leitete sie jedoch auf anderem Wege (mit Hilfe der Differentialgleichung) ab.

Am Schlusse des angeführten Werkes stellt Schlömilch ein Theorem auf, welches von der Entwicklung einer beliebigen Funktion in eine nach Bessel'schen Funktionen fortschreitende Reihe handelt. Dasselbe ist nahe mit dem Fourier'schen Satze verwandt und unter dem Namen Schlömilch'scher Satz allgemein bekannt. Seinen Beweis gibt auch Lommel in seinem oben citierten Werkchen: «Studien über die Bessel'schen Funktionen». (§ 20. Seite 73.)

Geht man von der bekannten für $h \geqq z \geqq o$ geltenden Entwicklung aus

$$F(z) = \frac{1}{2} A_0 + A_1 \cos\frac{\pi z}{h} + A_2 \cos\frac{2\pi z}{h} + \cdots,$$

wo

$$A_n = \frac{2}{h}\int_0^h F(u) \cos\frac{n\pi u}{h}\, du$$

ist,

und setzt darin

$$h = \frac{1}{2}\pi,\ z = \lambda x,$$

so erhält man die Gleichungen:

$$F(\lambda x) = \frac{1}{2} A_0 + A_1 \cos 2\lambda x + A_2 \cos 4\lambda x + \cdots$$

$$A_n = \frac{4}{\pi}\int_0^{\frac{1}{2}\pi} F(u) \cos 2nu\, du,$$

welche gültig sind für $\frac{1}{2}\pi \geqq \lambda x \geqq 0$.

Multipliziert man ferner obige Gleichung für $F(\lambda x)$ mit

$$\frac{2}{\pi}\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$$

und integriert zwischen den Grenzen $x = 0$ und $x = 1$, so entsteht:

84) $$\frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{F(\lambda x)}{\sqrt{1-x^2}} dx = \frac{1}{2} A_0 + A_1 \overset{0}{J}(\lambda) + A_2 \overset{0}{J}(2\lambda) + A_3 \overset{0}{J}(3\lambda) + \cdots,$$

und es gilt diese Gleichung von $\lambda = 0$ bis $\lambda = \frac{1}{2}\pi$, weil x die Einheit nicht überschritten hat. Nimmt man weiter:

85) $$\frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{F(\lambda x)}{\sqrt{1-x^2}} dx = f(\lambda),$$

so ergibt sich durch Differentiation nach λ:

$$f'(\lambda) = \frac{2}{\pi}\int_0^1 \frac{x\, F'(x\lambda)}{\sqrt{1-x^2}} dx.$$

In dieser Gleichung schreibt man mit Schlömilch s statt x, μ t statt λ, multipliziert beiderseits mit

$$\mu \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$$

und integriert nach t zwischen den Grenzen $t = 0$ und $t = 1$. Man erhält durch diese Operation:

$$\frac{2\mu}{\pi}\int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_0^1 \frac{s\,F'(\mu\,s\,t)}{\sqrt{1-s^2}}\,ds = \mu\int_0^1 \frac{f'(\mu\,t)}{\sqrt{1-t^2}}\,dt = F(\mu) - F(o)$$

nach einem von Abel herrührenden Satze. Den Beweis für dessen Richtigkeit gibt Schlömilch ebenfalls in seiner Abhandlung (siehe Seite 156 und 157).

Für $\lambda = o$ gibt Gleichung 85)

$$F(o) = f(o),$$

mithin:

$$86)\quad F(\mu) = f(o) + \mu\int_0^1 \frac{f'(\mu\,t)}{\sqrt{1-t^2}}\,dt.$$

Wir schreiben nun in Gleichung 84) $f(\lambda)$ für die linke Seite, drücken rechts F(u), welches in A_n enthalten ist, vermittelst der vorstehenden Gleichung 86) durch (u) aus, und gelangen somit zu dem Satze, dass die beliebige Funktion $f(\lambda)$ unter der Bedingung

$$\frac{1}{2}\pi \geqq \lambda \geqq 0$$

in die Reihe

$$87)\quad f(\lambda) = \frac{1}{2}A_o + A_1 \overset{0}{J}(\lambda) + A_2 \overset{0}{J}(2\lambda) + \cdots$$

entwickelt werden kann, wenn die Koeffizienten A nach der Formel

$$88)\quad A_n = \frac{4}{\pi}\int_0^{\frac{1}{2}\pi} u\cos 2nu\,du \int_0^1 \frac{f'(u\,t)}{\sqrt{1-t^2}}\,dt$$

bestimmt werden.

Durch Differentiation nach λ, wobei die Formel

$$\frac{d\overset{0}{J}(\lambda)}{d\lambda} = -\overset{1}{J}(\lambda)$$

anzuwenden ist, und $f'(\lambda) = F(\lambda)$, sowie $-2nA_n = C_n$ sein möge, erhält man ein zweites Theorem

$$89)\quad F(\lambda) = C_1 \overset{1}{J}(\lambda) + C_2 \overset{1}{J}(2\lambda) + C_3 \overset{1}{J}(3\lambda) + \cdots$$

wobei die Koeffizienten C nach der Formel:

$$90) \qquad C_n = -\frac{8n}{\pi}\int_0^{\frac{1}{2}\pi} u \cos 2nu\, du \int_0^1 \frac{F(ut)}{\sqrt{1-t^2}}\, dt$$

zu bestimmen sind.

Lommel zeigte, dass allgemein auch die Entwicklung

$$91) \qquad f(\lambda) = B_1 \overset{m}{J}(\lambda) + B_2 \overset{m}{J}(2\lambda) + B_3 \overset{m}{J}(3\lambda) + \cdots$$

wobei ist:

$$92) \qquad B_n = 2 \cdot (-1)^m \cdot n^m \frac{4}{\pi}\int_0^{\frac{1}{2}\pi} u \cos 2nu\, du \int_0^1 \frac{f'(ut)}{\sqrt{1-t^2}}\, dt$$

unter der Bedingung $\frac{\pi}{2} \geqq \lambda \geqq o$ gültig ist.

Die vorher angeführte Reihe ist ein Specialfall der Entwicklung 91); nämlich für $m = 1$ wird aus Gleichung 91) die Gleichung 89) und Gleichung 92) geht unter Berücksichtigung der gemachten Voraussetzungen in Gleichung 90) über.

Damit möge vorliegender Aufsatz abgeschlossen sein. Wie sich die Bessel'sche Funktion erster Art durch die Untersuchungen von Lommel, C. Neumann, Lipschitz und anderen weiter entwickelte, werde ich in einer zweiten Arbeit zu schildern versuchen. Dabei werde ich auf ihr Verhältnis zu den Kugelfunktionen näher eingehen, die Funktion mit negativ-gebrochenem Index untersuchen und ihre Darstellung als Summenformel nach Hankel geben. Ferner sind die Bessel'sche Funktion II. Art, ihre Differentialgleichung und ihre Beziehungen zu derjenigen I. Art zu betrachten, und schliesslich sind die von Schläfli eingeführten Hülfsfunktionen

$$\overset{n}{K}(x),\ \overset{n}{S}(x),\ \overset{n}{T}(x) \text{ u. s. w.}$$

zu berücksichtigen, und darauf die neuesten Arbeiten von Heine. Gegenbauer, Graf, Hurwitz und anderen einer Betrachtung zu unterziehen.

Benutzte Quellen und Werke.

Fourier: Théorie analytique de la chaleur. Seite 369. ff. Paris 1822.

Poisson: Sur la distribution de la chaleur dans les corps solides Journal de l'école polyt. Cahier 19. Seite 349. Paris 1823.

Bessel: Analytische Auflösung der Kepler'schen Aufgabe. Abh. der Berl. Akademie der Wiss. aus dem Jahr 1817.

Bessel: Untersuchung des Theils der planetarischen Störungen, welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht. Abh. der Berl. Akad. der Wiss. aus dem Jahr 1824.

Jacobi: Formula transformationis integralium definitorum. Crelles Journal. Band 15. 1836.

Hansen: Ermittelung der absoluten Störungen in Ellipsen von beliebiger Excentricität und Neigung. 1. Teil. Schriften der Sternwarte Seeberg. Gotha 1843.

Anger: Untersuchungen über die Funktion $\overset{h}{J}(k)$, mit Anwendungen auf das Kepler'sche Problem. Neueste Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Danzig 1855.

Schlömilch: Über die Bessel'sche Funktion. Zeitschrift für Mathematik und Physik. II. Jahrgang. Leipzig 1857.

C. Neumann: Theorie der Bessel'schen Funktionen; ein Analogon zur Theorie der Kugelfunktionen. Leipzig 1867.

Lommel: Studien über die Bessel'schen Funktionen. Leipzig 1868.

Errata.

Seite 208: Gleichung 9): ist als untere Grenze des ersten Integrals 0 zu setzen.

Seite 209: Zeile 23 und 24: soll es statt a richtig a_p heissen.

Seite 216: Zeile 14 soll es richtig heissen $\Pi(0) = 1$.

Seite 221: In Gleichung 30: ist auf der rechten Seite $= 0$ zu setzen.

A. Baltzer.

Ist das Linththal eine Grabenversenkung?

Eingereicht den 18. Dezember 1894.

«Das Linththal im Kanton Glarus, zwischen Stachelberg und Glarus, wird von Parallelverwerfungen beiderseits begleitet, zwischen welchen ein breiter Streifen des Gebirges grabenartig in die Tiefe gesunken ist.» So beginnt A. Rothpletz den ersten Abschnitt seines jüngst erschienenen Werkes[1]), der den Titel führt: «Die Grabenbrüche des Linththales» und durch 5 geologische Profile und Textfiguren erläutert wird.

Diese Arbeit erregte mein lebhaftes Interesse, da ich vor 21 Jahren diese Gegend ausführlich in einer Erstlingsarbeit[2]) monographisch behandelt habe. Grabenbrüche hatte ich allerdings damals nicht beobachtet, allein ich musste mir sagen, dass Irrthum meinerseits wegen mangelnder tektonischer Erfahrung nicht ausgeschlossen war. Seither ist mir in der Praxis manche Spalte vorgekommen, und habe ich in's Besondere die Grabenbrüche des Rheinthals, sowohl auf der Vogesen- wie auf der Schwarzwaldseite, unter der kundigen Führung von A. Leppla und C. Schmidt kennen gelernt. Die neue und unerwartete Deutung des Linththals, der der Autor grosse theoretische Wichtigkeit beilegt, erweckte daher den lebhaften Wunsch in mir, mich persönlich zu überzeugen, und so ist die nachfolgende Kontrolluntersuchung zu Stande gekommen.

Dass auf beiden Seiten des Linththals die Formationen im Allgemeinen verkehrt liegen, nämlich Eocän unten, darüber Malm und Verrucano setze ich ebenso wie die Beziehungen zur Glarner-

[1]) Geotektonische Probleme, 1894, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung.

[2]) Der Glärnisch etc. 1873, Zürich, C. Schmidt.

doppelfalte als bekannt voraus. Jeder Besucher des Linththales erinnert sich wohl an die etagenförmig ansteigende Kalkmauer zwischen Luchsingen und Schwanden, über welche der *Steinigerbach*, der *Schwechetenbach*, besonders schön aber der *Leuggelbach* bei dem gleichnamigen Dörfchen, in Kaskaden herabfallen. Der Malm dieser Wand (Rothpletz fasst sie durchgängig als solchen auf) falle nun nicht konkordant den andern Formationen flach in den Berg ein, sondern sei eine durch die «*Grabenspalte*» abgetrennte, gesunkene und nur coulissenartig angelehnte Scholle, wie in 3 reellen Profilen (Einlage I, Fig. I, II, III) des Näheren dargestellt ist.

An andern Orten wird darauf hingewiesen, wie schon a priori Spalten wahrscheinlich sind, weil die untere Grenz- resp. Überschiebungsfläche der Verrucanodecke auf der rechten Thalseite der an der linken in Neigung und Streichen nicht genau entspricht. Da die beiden Deckenstücke indessen hier um circa 4—5 km durch das Linththal getrennt sind, so ist ihre Inkongruenz *a priori* auch durch Verbiegung erklärbar, um so eher, als im Übrigen das Gebiet nicht den Typus eines Schollengebirges, sondern den eines Faltengebirges trägt.

Zum Verständnis des Folgenden benutze man ausser der Profiltafel I von Rothpletz mein geologisches Specialkärtchen des Glärnisch in 1 : 50000, welches, abgesehen von kleinen Veränderungen, die die 1877 revidierte Topographie nöthig macht, auch heute noch im Ganzen richtig ist; oder man nehme Blatt 14 der geologischen Karte der Schweiz (für die Topographie Blatt Linththal, Nr. 400 des Siegfriedatlas).

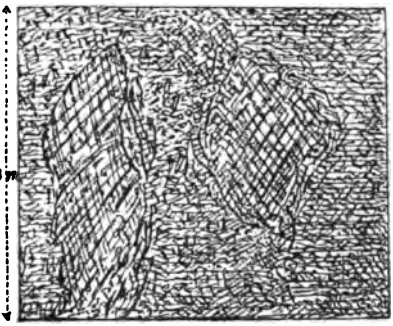
Dem Hauptprofil durch das Luchsingertobel kommt nach Rothpletz eine entscheidende Wichtigkeit zu.

1. Profil Luchsingertobel (vergl. bei Rothpletz Taf. I, 3).

Von Luchsingen aufwärts steht ein System von Schiefern und kompakten Bänken an, die allseitig als Flysch anerkannt worden sind. Hierauf folgt eine 10 m mächtige Malmbank (vom Typus des Lochseitenkalks), mit der ich den Malm beginnen lasse. An ihrer Basis kommt das Luchsinger Schwefelwasser hervor. Der dichte, flammig gestreifte und geaderte Kalk ist, wie ich schon vor 20 Jahren hervorhob, mechanisch metamorpher Malm. Ich habe damals den Begriff des *mechanischen Metamorphismus*[1]) aus ihm geschöpft, den ich als eine mechanische (nicht chemische) Veränderung definierte, die sich

[1]) Glärnisch pag. 97.

theils auf die feinste Textur (Marmorisirung, weissliche Flecken und Flammen, weissliche Streifen, Wachsglanz), theils auf das Auftreten von brecciöser Zertrümmerung, rhomboedrischer Zerspältelung, Quetschlagen etc. bezieht. In Folge davon wechseln kompaktere, oft langgestreckte, linsenförmige und schiefrige Partien miteinander ab oder es sind auch lokal festere Kerne von ganz gelockertem und selbst zersplittertem Material umgeben (vergl. beistehende Figur).



Kataklase im Malmkalk, Luchsingertobel.

Die über der erwähnten Bank bei der Schwefelquelle folgenden wegen der Metamorphose petrographisch schwankenden Schichten sehe ich auch als Malm an. Es wechseln hier Kalkschiefer, deren Lamellen oft glänzende Oberfläche zeigen, mit kompakteren, helleren, dichten, oft wachsartig glänzenden Kalken (im folgenden kurz als Wachskalke bezeichnet). Zwei Bänke mit reichlichem Pyritgehalt und daher gelblicher Verwitterungsrinde, auch mit Ankeritadern, erinnern an *Nummulitenkalk*, doch konnte ich Nummuliten nicht genügend sicher konstatiren. Auf die petrographischen Differenzen dieser Kalke, die wie schon erwähnt, hochgradig metamorph sind, lege ich für die Stratigraphie kein grosses Gewicht.

Hierauf folgt *Sernifit*. *Röthidolomit* und *Lias* in regelmässiger Überlagerung, solange man längs des Weges beobachtet.

Der *Verrucano* tritt theils als gneissig gequetschtes Konglomerat (unterhalb des Pfades), theils in Form von grünlichen, röthlichen und dunkeln *Sernftschiefern auf*. Der Dolomit ist dicht und grau, zellige Rauhwacke sah ich nicht.

Besonders hervorzuheben ist der Umstand, dass der Lias in den untersten Bänken über dem Röthidolomit röthlich gefärbt ist, weiter oben die gewöhnliche Glärnischfacies zeigt, die im nahen belemnitenreichen Bösbächitobel besonders schön entwickelt ist.

Ich konstatire, dass meine alte Aufnahme (Glärnisch, Profiltafel Fig. IV) sich im Ganzen als richtig erweist[1]).

[1]) Unrichtig sind dagegen meine Luftsättel, nachdem Heim die Fortsetzung der Kreidefalten in der Silberen und ihre daselbst umbiegenden Enden nachwies. Die Sättel müssen sich nach Osten öffnen, statt nach Westen; das

Die Grabenspalte von Rothpletz auf der linken Seite des Luchsingertobels.

Rothpletz sagt «in vollkommen sicherer Weise wird die Existenz dieser Verwerfung in dem nahen Luchsingerthälchen erwiesen, wo dieselbe auf beiden Thalseiten ausstreicht und man wirklich die Hand darauf legen kann . . .» «Der Kontakt zwischen Kalk und Sernifit ist gut aufgeschlossen und bildet eine längere vielleicht nach Osten etwas überkippte Fläche, die N 25 ° O streicht, also das Thälchen durchquert und auf seinen beiden Flanken sichtbar wird . . .» «Übrigens macht sich in den Sernifitbänken eine kleine Umbiegung nahe der Spalte bemerkbar, welche als Schleppung infolge des Absinkens der östlichen Gebirgsscholle aufgefasst werden kann.» (Vergl. Einlage I, Profil III.)

Indem Rothpletz diese reelle Verwerfung mit ähnlichen in der Tschingelbach- und Vorbachruns in Verbindung setzt, über deren thatsächliche Existenz er sich schon etwas reservirter ausdrückt, gelangt er zur Konstruktion einer circa 2 Stunden langen Grabenspalte mit Sprunghöhe von mehreren hundert Metern.

Dem gegenüber lege ich folgende Thatsachen fest und fordere zur Prüfung derselben auf:

1. Was Rothpletz als Verrucano an der Verwerfung (Tafel I, Profil 3) bezeichnet und im Text angiebt, ist *nicht* Verrucano, sondern etwas röthlich gefärbter Lias.

2. Was er als Schleppung am Malm bezeichnet und sehr ausgiebig darstellt, ist, wie aus dem Wechsel des Materials hervorgeht, nicht Schichtenschleppung, sondern *Klüftung*. Die wirklichen Schichtbänke des Lias schneiden diese Schleppung.

3. Eine Verwerfungsspalte auf der linken östlichen Seite des Thälchens, wodurch Lias und Malm aneinander stossen, ist vorhanden, aber die nähere Untersuchung lehrt, *dass sie ganz lokaler Natur ist.* Sie stellt sich als ein durch Reibungsbreccie und rothe Erde ausgefüllter

---

ändert aber nichts daran, dass der Glärnisch ein liegendes Faltensystem mit Wiederholungen in der Kreide ist, wie ich es erwiesen habe. Mein Irrthum erklärt sich daraus, dass im Glärnischstock selbst keine Umbiegungen sichtbar sind, a priori war ich also eben so gut berechtigt die Oeffnung der Luftsättel nach Westen anzunehmen. Im Uebrigen haben alle Forscher, die nach mir den Glärnisch wirklich untersuchten, die Realität der liegenden Schichtenfaltung anerkannt, nur Pfaff und Diener (Gebirgsbau der Westalpen pag. 75), die nicht untersuchten, erklären, es brauche «für einzelne dieser Schlingen einen geologischen Wunderglauben».

Riss dar. Man kann in ihm etwa 60 m gerade hinaufklettern, bis ein gewaltiger den Absturz drohender Breccienfels sich in den Weg stellt, und man kann dabei konstatiren, was soeben unter 1, 2 und 3 gesagt wurde.

Ich habe mich aber ferner überzeugt, dass weiter oben der Lias *ungestört* in ungebrochenen Bänken über die Knickstelle herüberläuft. *der Riss sich also nicht nach oben fortsetzt, sondern bald aufhört.*

Ich habe mich ferner überzeugt, dass der Verrucano, *der an der Knickstelle ausbleibt,* sich in kurzer Entfernung östlich des Knicks (in der nächsten östlichen Seitenschlucht) *wieder aufthut,* sich ungestört fortsetzt und etwas oberhalb der Hütte *Brand* durchstreicht.

In der Breccie habe ich eckige Malm- und Liaskalkbruchstücke konstatirt; die rothe Erde stellt den in der Kluft ganz vermahlenen Verrucano und rothen Liaskalk dar.

Besagter Knick (an dem sich der Malm, wenn ich nicht irre, etwas herunterbiegt) setzt sich auf der Südseite des Luchsingertobels fort, wo er undeutlich wird und bald aufhört.

In Summa: Wir haben hier eine circa 150 Meter lange *lokale* Stauchung und Knickung, verbunden mit Zerreissung und Verschiebung der Schichten. wie solches im kleinsten Maassstab am Fusse der Flyschwand des Leuggelbachwasserfalles im Flysch vorkommt.

Hierin einen Beweis für eine gewaltige stundenlange Grabenspalte zu finden, blieb der Phantasie von A. Rothpletz vorbehalten. Zum Theil grössere Brüche kenne ich von früher her noch an andern Stellen des Glärnisch, z. B. auf der Westseite oberhalb Alp Werben (vergl. Glärnisch Profiltafel, Fig. IV und VIII).

Wir wollen nun die «Grabenspalte». immer an der Hand der Profile ihres Autors, weiter gegen Osten verfolgen, wo tief eingeschnittene Runsen gute Aufschlüsse in die «angelagerte Scholle» versprechen.

Steinigerbachruns.

Dort, wo der Pfad in der Gegend von *Brand* in nordnordöstlicher Richtung unterhalb der kleinen *Verrucanowand* durchläuft, wurde in der genannten Runse unter grünlichem *Verrucano* zunächst Blockschutt, dann *eocäner Schiefer* und 2,5 m *Nummulitenkalk*[1]) (Fall W

[1]) Die Nummuliten sind z. Theil zerquetscht, was ich bemerke, weil Rothpletz anführt, es kämen in dieser Region keine ausgezogenen Petrefakten vor.

30 ° N) beobachtet. Dann folgt streifiger Wachskalk mit Schiefern wechselnd (Malm) bis zum Absturz. *Eine Grabenspalte ist nicht zu sehen.*

Schwechetenbachruns.

(Vorbachruns bei Rothpletz, Tafel I, Fig. 2).

Hier folgen sich von oben beginnend:

1. Grünlicher, körniger *Sernifit* mit pfirsichblüthrothen Feldspathkörnern (dieselbe Varietät auch in der *Kiesgrube* an der Strasse zwischen Luchsingen und Leuggelbach).

2. *Malm* in dicken Bänken, dicht, gestreift, marmorartig.

3. *Flysch:* Oben ruppige Schiefer, dann dünnschiefrige Kalkschiefer mit Kalkspathadern; setzen unterhalb des Pfades fort bis zur unzugänglichen Absturzwand, welche Rothpletz als Malm betrachtet. Von einer coulissenförmigen Anlehnung einer aus Komplex 2 und 3 bestehenden Scholle an den Verrucano, wie sie Rothpletz (Fig. 2) abbildet, ist *nicht die geringste Spur wahrzunehmen.*

Leuggelbachruns.

(vergl. Tafel I, Profil I von Rothpletz).

Von oben nach unten folgen sich:

1. *Verrucano* grünlich. Sein Kontakt mit 2 ist verdeckt.

2. *Flysch:* Kalkschiefer mit untergeordneten kompakten Bänken. Nach unten die unzugängliche Absturzwand (Kalkmauer), über die der Leuggelbach als imposanter Wasserfall abstürzt. Rothpletz sieht Malm in ihr; ich nahm sie früher als Flysch.

Beobachtet wurde am Fuss:

3. *Flysch* typisch: dünnschiefrig. glänzend, wellig mit kleinen Knicken, an denen die dünnen Blätter oft gestaut oder geschleppt sind, bildet dem Augenschein nach den grösseren Teil der Wand.

4. Darunter folgen Birmensdorfschichten und Eisenoolith *(oberer Dogger)*, von mir früher übersehen, von Rothpletz zuerst beobachtet[1]).

5. Wahrscheinlich *Bajocien:* dunkelgrauer, zäher, schuppiger Kalk, mit circa 10 m sichtbarer Mächtigkeit.

6. ? Malm, nach Rothpletz; wegen Bedeckung mit Schutt und grossen Blöcken fraglich.

---

[1]) Rothpletz betont, niemand habe vor ihm gewusst, dass die Kalkmauer «auch aus Eocänbänken und Doggerschichten aufgebaut ist»; da muss ich doch bemerken, dass er ersteres schon aus meiner 20 Jahren alten geologischen Glärnischkarte hätte entnehmen können.

Hiernach ist die Malm-Kalkmauer von Rothpletz, wenigstens in den untersten zugänglichen Partien, sicher Flysch.

Aber selbst, wenn weiter oben die «Kalkmauer» malmisch sein sollte, so ist doch auch in der zugänglichen Partie unmittelbar darüber *von einer durch die Grabenspalte bewirkten Anlehnung an den rückseitigen Flysch auch nicht das Mindeste zu sehen;* vielmehr fallen die Schichten durchaus konkordant flach in den Berg ein.

2. Profil Gilbiberg, Eck, Nitfurn (von Rothpletz im Text erwähnt).

Hier folgen sich von oben nach unten:

1. Verrucano.
2. Malm.
3. Eocäne Kalkschiefer, dünn- und dickschiefrig.
4. Malm, *vorwiegend* Wachskalk mit geringen Schiefereinlagerungen. Bildet die ausgesprochene Wand unter *Eck* und *Gilbiberg*[1]).

Nachdem wir der linken Thalflanke gefolgt sind, könnte nun in gleicher Weise die rechte westliche Seite untersucht werden, um die korrespondirende *westliche Grabenspalte* von Rothpletz zu kontroliren. Rothpletz sagt, er habe sie nicht reell konstatiren können, aber, fährt er fort, der grabenartige Einbruch auf der linken Seite «*wirft seinen Schein auf die rechte Thalflanke*». Da nun aber im Vorhergehenden dieser «*Schein*» als der eines *Irrlichts* erkannt worden ist, so darf ich mir wohl gestatten auf diese Untersuchung zu verzichten.

Rothpletz meint nun noch, die Schichtenfolge der «Kalkmauer» sei unvereinbar mit der Doppelfaltenhypothese, speziell mit der Deutung als Mittelschenkel der Nordfalte. Aber wer behauptet denn, dass die normale Schichtenfolge an der Leukelbachwand Mittelschenkel sei? Ich sehe vielmehr in diesen Vorkommnissen ein untergeordnetes Gefältel an der Basis des Glärnisch, wo jedes Fältchen seinen eigenen Mittelschenkel hat, und welches sich der grossen liegenden Lagerungsstörung des Kantons Glarus (von der der Glärnisch ein kleiner Theil ist) sehr wohl einfügt, mag man nun von einer Doppelfalte oder einer liegenden einheitlichen Falte ausgehen. Dieses Gefältel nahm ich schon vor 20 Jahren als ein untergeordnetes Beiwerk und habe es meinem zusammenfassenden Durchschnitt vom Linththal zum Oberrheinthal (Glärnisch» pag. 56) nicht einmal beigefügt. Mir wäre die Doppelfalte, wenn sie rein in der Natur aufträte, ohne die vielen sekundären Fält-

[1]) Vergl. für das Detail «Glärnisch», pag. 76.

chen und Zusammenschübe, *welche eine Analogie zur Massivfächerstellung bilden*, viel weniger verständlich.

Auf Grund der vorliegenden thatsächlichen Detailangaben halte ich mich demnach für berechtigt zu den nachfolgenden Schlussfolgerungen:

1. Grabenverwerfungen existiren an der westlichen Seite des Linththales auf einer Strecke von 4 Kilometern zwischen Luchsingen und Schwanden nachweislich *nicht*.

2. Damit fällt die Behauptung von Rothpletz, das Linththal sei eine Grabenversenkung, dahin.

3. Dieses Thal ist kein «geotektonisches Problem», sondern ein Erosionsthal, als welches es bisher von allen Beobachtern (A. Escher v. d. Linth, Baltzer, Heim und Mösch) angesehen worden ist.[1])

[1]) Denjenigen den Kanton Glarus besuchenden Fachgenossen, welche sich von diesen Verhältnissen selbst überzeugen wollen, rathe ich an, von der Station Luchsingen aus das Luchsingertobel zu besuchen (halbe Tagespartie). Hierauf mögen sie von Luchsingen aus mit Führer über Brand in nordnordöstlicher Richtung einem kleinen Pfad folgen, der durch Wald sich längere Zeit *unterhalb des Verrucanowändchens* hinzieht. Man überschreitet dann den Leuggelbach und erreicht, über Dohlenberg und Gilbiberg, Thon und Schwanden. Nur wenn man diese Richtung einschlägt, kann man jeweilig in den angeführten Runsen diejenigen Standpunkte aufsuchen, von wo aus die Beurtheilung der tektonischen Frage möglich ist.

J. H. Graf.

Geschichte der Bibliothek der schweiz.

und der

bern. Naturforschenden Gesellschaft.

Die Anfänge der Bibliothek der bern. Naturforsch. Gesellschaft und implicite der schweiz. Naturforschenden Gesellschaft reichen bis ins Jahr 1787 zurück. Am 18. Dez. 1786 war durch J. S. Wyttenbach die bern. Naturforschende Gesellschaft damals „Privatgesellschaft naturforschender Freunde in Bern" gegründet worden.

Am 18. Dezember 1787, dem ersten Jahrestag des jungen Vereins, hielt Wyttenbach die Festrede, worin er die bisherige Thätigkeit Revue passieren liess; sodann wurde erkannt: *dass es freylich einem jeden frey stehen solle, das Vorgelesene für sich zu behalten; dass es aber der Gesellschaft angenehm wäre, dieselbe es auch von der Freundschaft ihrer Mitglieder hoffe, dass sie diese ihre Abhandlungen und Nachrichten schriftlich zurücklassen, damit man sie zu allfälligem Gebrauche in den Archiven der Gesellschaft aufbehalten könne.* Wyttenbach anerbietet sich, dieses Archiv in seiner Wohnung einzurichten.

Es werden deponiert:

1) *Wyttenbach,* Reden beim ersten Anniversario;
2) *Studers* Auszug aus Genssane, Hist. Nat. du Languedoc, über das Waschgold;
3) *Tralles,* Bemerkungen und Versuche über Feldspatarten des Gotthard;
4) *Exchaquet,* nouveau procédé pour faire les essais par fonte etc.

So haben wir hier den Anfang der Gründung des Archivs der Bibliothek der Gesellschaft, aus der sich dann allmählig die Bibliothek der schweiz. Naturforschenden Gesellschaft entwickeln sollte.[1])

Es ist bekannt, dass die Gesellschaft naturforschender Freunde in Bern im Jahr 1797 an alle schweizerischen Naturforscher einen Aufruf erliess, sich im Oktober in Herzogenbuchsee zu versammeln, um eine schweizerische Gesellschaft zu gründen. Im Aufruf heisst es auch:[2])

«Mittheilung und Bekanntmachung der in irgend einem Theile der-«selben (vaterländischen Naturlehre und Naturgeschichte) entweder schon «vollendeten oder erst noch vorzunehmenden Arbeiten; im erstern Falle «gehörige Schätzung und Würdigung derselben und Niederlage aller neuen,

[1]) Vgl. J. H. Graf, die Naturforsch. Gesellschaft in Bern vom 18. Dez. 1786 bis 18. Dez. 1886 pag. 12.

[2]) Vgl. J. H. Graf, ibidem pag. 24.

«besonders der nur einzeln gemachten kleinern Entdeckungen, in die «Archive der Gesellschaft; im andern kräftige Aufmunterung und Beför- «derung derselben, z. B. durch Subskriptionen auf Werke, die ohne dies «sonst nicht zu Stande kommen würden, durch freundschaftliche Anzeige «und Mittheilung aller dazu nöthigen Hülfsmittel u. s. w. und Wegweisung «zu ihrer gehörigen Benutzung u. s. w.»

Thatsächlich wurde damals die „Allgemeine helvetische Gesellschaft der Freunde der vaterländischen Physik und Naturgeschichte" gegründet, der Fall der alten Eidgenossenschaft hinderte aber auf Jahre hinaus ihren Fortgang.

Ich habe in der citierten Festschrift aktenmässig nachgewiesen, wie Wyttenbach den Gedanken der Gründung einer solchen Gesellschaft auch von 1802—1814 weg nie aus den Augen verloren und sich mit Ost und West zu diesem Zwecke in Verbindung gesetzt hat. Erst der 6. Oktober 1815 sollte zum Gründungstag der allgemeinen schweizer. Naturforsch. Gesellschaft werden.

So waren endlich die Anstrengungen Wyttenbachs und Studers durch die Aufopferung und Hingebung des Genfers Gosse gekrönt worden.

Die bern. Naturforschende Gesellschaft deponierte in ihrem Archiv, das Wyttenbach verwaltete, Bücher und Abhandlungen aller Art.

In der 4. Sitzung der Jahresversammlung in Genf vom 28. Juli heisst es im Protokoll: [1])

«Da die Anzahl der Bücher, welche die Gesellschaft geschenksweise «erhalten, sich nach und nach vermehrt hat, wodurch es notwendig wird, «einen centralen Ort zu wählen, wo diese Bücher und Schriften aufbewahrt «werden könnten:

«*So ward die Stadt Bern zum Lokale dieser Bibliothek oder dieses «Centralarchivs bestimmt.*»

3te Zusammenkunft zu Basel: Juli 25, 1821.

Ein von Hrn. Pfr. Wyttenbach entworfenes Regulativ über die Verwahrung und Benützung des in Bern anzuordnenden Archivs der Gesellschaft wird mit einigen geringen, vom Komitee zweckmässig erachteten Abänderungen vorgelegt.

Mit vielem Dank gegen Hrn. Wyttenbach wird dieses Regulativ genehmigt und soll dasselbe nebst dem Inventar des Archivs gedruckt und den Mitgliedern zugestellt werden.

Pag. 53 folgt III. Regulativ für das Central-Archiv der allgemeinen schweiz. Gesellschaft für gesamte Naturwissenschaften. Die wesentlichsten Bestimmungen sind folgende

I. Anordnung und Zweck.

1. Alle der Gesellschaft gehörenden Bücher, Schriften, Abhandlungen und andere Gegenstände, welche sie wirklich besitzt und ferner geschenksweise oder auf andere Art erhalten wird, sollen in einem Central-Archiv aufbewahrt werden.

2. bestimmt den Gebrauch und die Benutzung.

---

[1]) Siehe Verzeichnis sämtlicher Mitglieder der allgem. schweiz. Ges. für gesamte Naturwissenschaften. Auszüge aus dem Protokoll der Sitzungen der Gesellschaft etc. pag. 51. Es findet sich dort ein Fehler: es soll heissen 1820, 28. Juli und nicht 1822, 28 Juli.

3. Für den Ort dieses Archivs ist die Stadt Bern bestimmt, allwo die dortige Naturforsch. Gesellschaft dasselbe einem eigenen Direktorial-Komitee übergibt. Der Bibliotheks-Direktion dieser Stadt verdankt auch die Gesellschaft eine dem Archive angewiesene Stelle im öffentlichen Museum.

4. Das Direktorial-Komitee hat Befugnis, alles das Archiv Betreffende nach bester Einsicht zu besorgen, die Bücher anständig binden zu lassen, und Briefporti und andere nötige Ausgaben der Gesellschaft auf Rechnung zu bringen.

II. handelt über die Bereicherung der Bibliothek,

III. über die Benutzung.

Der nämlichen Druckschrift ist beigegeben:

IV. Erstes Inventarium des Archivs. 1821.

Es zählt 44 Bücher und Manuskripte und 3 Portraits.

Regulativ und Inventar, deutsch und französisch, wurden separat ausgegeben und den Mitgliedern zugestellt.

Als Beigabe zur Eröffnungsrede des Präsidenten der 8ten Jahresversammlung der schweiz. Naturforsch. Gesellschaft Bern 1823 findet sich pag. 31:

Rapport über das Archiv der Gesellschaft im Juli 1822 von J. S. Wyttenbach, Pfarrer zum heil. Geist. Danach hat die Stadt-Regierung für das Archiv einen sehr schönen, geräumigen und bequemen Schrank verfertigen und an einer ehrenvollen und für immer sichern Stelle in einem der Säle des öffentlichen Museums aufstellen lassen.

Pag. 34 findet sich der Rapport für 1823 vom 26. Juni 1823, der über die bescheidene Vermehrung des Archivs Auskunft gibt. In der Jahresversammlung in Aarau 1824 kann wieder von einer bedeutenden Mehrung der Bibliothek berichtet werden; in derjenigen von Solothurn vom 28. Juli 1825 wurde dem Archivar Wyttenbach in Bern zum Behufe des Einbindens etc. ein Kredit von L. 25 eröffnet. Dies ist die erste Subvention an Geld von seiten der allgem. schweiz. Gesellschaft. [1]) Pro 1826 erhielt Wyttenbach schon Fr. 60. — und in der Mitgliederliste Solothurn 1826 figuriert als Archivar und Bibliothekar der Gesellschaft: Hr. Pfarrer Wyttenbach, zum heil. Geist, in Bern. In den Statuten der Gesellschaft von 1826 und 1827 ist vom Archiv und der Bibliothek nichts erwähnt. Wir treffen in den Verhandlungen erst wieder auf eine Notiz im Bericht über die Jahresversammlung in Lausanne vom 30. Juli 1828, wo unter No. 34 erwähnt wird, wie Dekan Wyttenbach wegen vorgerückten Alters und Gebrechlichkeit seine Entlassung als Archivar verlangt:

«Mr. le président propose à l'assemblée d'exprimer au digne Doyen «Wyttenbach la reconnaissance de la société pour la manière distinguée «dont il s'est acquitté de la tâche qui lui avait été imposée et ses regrets «de ce qu'il ne puisse pas continuer à la remplir. Cette proposition est «accueillie avec acclamation et *on décide de prier la société cantonale de «Berne de se charger du soin des archives.*»

Für das Jahr 1829 übernahm Hr. Apotheker B. Studer die Besorgung des Archivs, und von 1829 an Dr. A. Otth [2]) bis zum Jahr 1838. 1832 wurden in Genf die Statuten und das Reglement für das Archiv

[1]) Verhandlungen 1825 pag. 45.

[2]) Adolf Otth Dr. med. (2 IV. 1803—16 V. 1839), eifriger Naturforscher, *starb* auf einer Orientreise an der Pest in Jerusalem.

neu gedruckt. In den Verhandlungen 1835 (Aarau) wird als Archivar angegeben: „die Kantonalgesellschaft in Bern und in deren Namen Hr. Dr. A. Otth in Bern". A. Otth nahm sich des Archivs sehr energisch an und publizierte das „Verzeichnis der gegenwärtig im Archiv der allgemeinen schweiz. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften sich befindlichen Bücher und Bildnisse." Aarau 1835. 30 S. An seine Stelle trat Hr. L. R. v. Fellenberg, welcher der Jahresversammlung 1839 in Bern einen Bericht vortrug [1]), der in folgenden Anträgen gipfelte:

1) Die in einer grossen Zahl von Exemplaren im Archiv vorhandenen Schriften sollen nach Verhältnis der Zahl der Mitglieder unter die verschiedenen Kantone verteilt werden.

2) Der Archivar soll die zu leihenden Bücher erst abliefern, wenn er die Quittung in der Hand hat.

3) Die Jahresberichte (Verhandlungen) sollen mit französischen Lettern und im gleichen Format gedruckt werden. Als Muster gelten die Verhandlungen von Basel.

An dieser Jahresversammlung in Bern nahm Rudolf Wolf teil, der damals wohl noch kaum ahnte, dass Bern schon im Herbst seine zweite Heimat werden sollte. Hier will ich gleich ein kleines Intermezzo einschalten. Aus den Verhandlungen der Jahresversammlung in Freiburg 1840 entnehme ich folgende Stelle: [2])

«8. M. le prof. Schinz ayant fait l'observation qu'il devait y avoir «un déficit dans la caisse de feu M. Otth de Berne, ancien archiviste de «la société, M. L. R. de Fellenberg donne à ce sujet quelques explications «desquelles il résulte que M. Otth a remis, avec le compte précédent, un «solde de 17 fr. 40 cts., mais qui se trouve réduit à 7 fr. 30 cts. et qu'il «ne peut expliquer dès-lors sur quoi peut se baser la somme de 82 fr. «5 cts., portée au compte de l'archiviste par M. Escher de la Linth, fin «Décembre 1839. — Là-dessus M. Em. de Fellenberg de Hofwyl déclare que «la section de Berne couvrira le déficit, si, après dues recherches, il est «constaté.»

Als L. R. v. Fellenberg zum Professor der Chemie an der Akademie in Lausanne ernannt wurde, trat an seine Stelle als Sekretär der bern. Naturforschenden Gesellschaft und zugleich als Archivar der bern. und der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft Rudolf Wolf, damals Lehrer an der Realschule in Bern. Schon in den Verhandlungen zu Zürich 1841 figuriert er als Archivar der Gesellschaft. Um im Archiv beider Gesellschaften definitiv Ordnung zu schaffen, wurden von der bern. Naturforschenden Gesellschaft folgende zwei Punkte zum Beschluss erhoben:

«1) Der Archivar hat alljährlich in der Sitzung der bernischen Ge«sellschaft, welche dem Feste der allgemeinen Gesellschaft vorangeht, einen «Bericht abzugeben, damit die Delegierten im stande sind, etwaige Anträge «am Feste zu stellen;

«2) soll dem Archivar zum Betrieb des Archivs ein jährlicher Kre«dit zur Disposition gestellt werden, den man durch freiwillige, per Cir«kular zu erhaltende Beiträge noch vermehren will.»

Mit dem letzten Punkt wird gleich begonnen und Wolf eine dem dannzumaligen Kassenstand angemessene Summe angewiesen.

[1]) Siehe Verhandlungen 1839.
[2]) Verhandlungen 1840 pag. 34.

An der Jahresversammlung in Altdorf 1842 erstattete Wolf seinen ersten Bericht und ersuchte um Mittel zur Vervollständigung der Bibliothek. Er erstellte für das Jahr 1843 einen neuen Katalog der Bibliothek; der Centralpräsident H. Escher von der Linth erteilte die Kompetenz, ihn drucken zu lassen. Im „Bericht der bernischen Naturforschenden Gesellschaft" an die schweiz. Naturf. Gesellschaft über das Archiv, den natürlich Wolf verfasst hat, wird zuerst auf den Tauschverkehr hingewiesen, den hauptsächlich Prof. Valentin und Prof. Fellenberg angebahnt hatten; sodann führt man die Bestimmung an: „La société cantonale de Berne est chargée du soin des archives; elle devra faire relier proprement les livres etc.", welche leider infolge Mangels an Mitteln jahrelang nicht ausgeführt worden sei. Die Bibliothek zähle 500 starke Bände und habe sich seit dem Druck des letzten Katalogs verdoppelt. Weniger bedeutend sei die Sammlung von Karten und Manuskripten gewachsen, während die Bildnissammlung sich seit dem letzten Spätjahr verfünffacht habe. Der Bericht enthält folgende Anträge:

1) Dem Archivar seien 200 Franken angewiesen um Buchbinder und Portokosten zu bezahlen, andrerseits den Druck des Katalogs möglich zu machen.

2) Die nicht unbedeutenden Vorräte der Gesellschaftsberichte von Freiburg und Zürich sollen wie die Denkschriften buchhändlerisch vertrieben werden.

3) Den Mitgliedern soll die alte Bestimmung in Erinnerung gerufen werden: La société espère que ses membres voudront bien enrichir ses archives des livres ou des écrits moins étendus qu'ils publieront sur des objets relatifs aux sciences naturelles.

4) Damit die Bibliothek des Archives immer mehr zu einer „Bibliothek der Naturwissenschaften für die gesamte Schweiz" anwachse, ist öffentlich auszusprechen, dass der Gesellschaft auch jedes Geschenk älterer naturwissenschaftlicher, namentlich die Schweiz betreffender oder von Schweizern verfasster Werke sehr willkommen sei.

Eine definitive Beschlussfassung über die Geldmittel wurde damals vertagt. Im Bericht pro 1843 verlangt Wolf aufs neue eine Subvention für die Bibliothek und wünscht besonders auch, dass im Interesse des Tauschverkehrs der Druck der Jahresverhandlungen jeweilen im November des betreffenden Jahres beendigt sein möchte. Auf den Katalog, betitelt: «Verzeichnis der im Archiv der schweiz. Naturforsch. Gesellschaft sich «bildenden Bibliothek, nach dem Wunsch der Gesellschaft herausgegeben «von R. Wolf, Archivar, Bern 1843. 52 S.» . . . , muss ich noch mit einigen Worten zurückkommen.

Besonders bemerkenswert ist die Einleitung. Wolf sagt:

«In den ersten Jahren äufnete sich unter der Leitung des ehr«würdigen Wyttenbach Inhalt und Benutzung des Archivs; als aber «Wyttenbach älter wurde, sich 1828 gänzlich zurückzog und die neuen «Archivare unterliessen, jährliche Berichte über das Archiv an die Ge«sellschaft einzusenden, ging das Interesse für dasselbe nach und nach «verloren, — man benützte es nicht, fing an, die in ihm niedergelegten «Geschenke als vergfaben anzusehen. — Manche vergassen sogar die ganze «Bibliothek förmlich.» Mit diesen Worten ist trefflich die erste Periode der Geschichte unserer Bibliothek bis auf Wolf charakterisiert. Wolf führte auch zur Bequemlichkeit der Benützer eine bestimmte Bibliothek-

stunde, Mittwoch nachmittags 2 Uhr, ein. In der Jahresversammlung in Chur gehen Wolfs Anträge fast ganz durch; es wird ihm zur Vervollständigung von Büchern und Zeitschriften ein Kredit von 160 Franken bewilligt. Viele Buchhandlungen, wie Dalp in Bern, Huber in St. Gallen, Huber in Bern, Jent & Gassmann in Solothurn, Orell in Zürich, Sauerländer in Aarau, Schweighauser in Basel hatten, auf Wolfs Initiative hin, die Bibliothek mit wertvollen Büchergeschenken bedacht; ihnen wird der Dank der Gesellschaft votiert. Vom Druck eines Supplements zum Katalog wird vorläufig abgesehen, obgleich dasselbe notwendig gewesen wäre. An der Jahresversammlung in Genf 1845 wehrt sich Wolf von neuem dafür, dass doch das Format der Verhandlungen ein gleichmässiges und letztere in genügender Anzahl gedruckt werden. Nach seinem Bericht war die Bibliothek in einem von der Stadtverwaltung unentgeltlich bewilligten, geräumigen und trockenen Lokal im Erlacherhof aufgestellt. Sie zählt bereits 965 Bände; davon wurden von Mitgliedern der bern. Gesellschaft seit 1841 allein 439 gestiftet. Geld verlangt Wolf keines, da sein Kredit noch nicht völlig aufgebraucht ist; hingegen wünscht er einen neuen Bücherschrank. Nach dem Bericht von 1846 beträgt der Bücherbestand 1100 Bände; Wolf erhält einen neuen Kredit von Fr. 100, und es wird ihm für „die musterhafte Besorgung der Bibliothek und der Archive und seine vielfältigen grossen Bemühungen der verbindlichste Dank der Gesellschaft ausgesprochen". In der nämlichen Jahresversammlung von Winterthur waren die Statuten revidiert worden. Neu ist besonders der Abschnitt VII Bibliothek:

§ 22. Die Bücher, Schriften, Abhandlungen und andere Gegenstände, welche die Gesellschaft jetzt besitzt, sowie diejenigen, welche sie in der Folge als Geschenke oder auf irgend eine andere Weise erhalten dürfte, sollen sorgfältig gesammelt und aufbewahrt werden und bilden die Bibliothek der Gesellschaft. Alle Mitglieder haben Anspruch auf die Benutzung derselben. „Die nähern Bestimmungen über die Bibliothek, deren Besorgung und Benutzung, bleiben einem eigenen Reglemente überlassen". Dieses Reglement über die Bibliothek zählt 12 § und teilt sich in zwei Teile:

1. Einrichtung; 2. Benützung.

§ 3 lautet: die Bibliothek soll in Bern aufbewahrt werden.

§ 4. Die naturforschende Gesellschaft von Bern ist mit der Besorgung der Bibliothek beauftragt und wählt zu diesem Zwecke aus ihrer Mitte einen Bibliothekar.

§ 5. Die Kosten, welche der Unterhalt der Bibliothek erfordert, werden von der allgemeinen Gesellschaft getragen. Der Bibliothekar hat darüber genaue Rechnung zu führen und dieselbe jährlich dem Central-Komitee zur Berichtigung zu übermachen.

§ 6. Bestimmt die Bekanntmachung der Schriften (Katalog).

§ 7. Sagt, dass alle Bücher, Schriften und Manuskripte mit dem Stempel der Gesellschaft versehen sein sollen.

Im Frühling 1847 gab Wolf das Bibliothekariat aus Mangel an Zeit ab; an seine Stelle wurde Chr. Christener, Lehrer an der Kantonsschule gewählt; die Zahl der Bände stieg auf 1300. Die Jahresversammlung in Schaffhausen 1847 bewilligte einstimmig einen Kredit von Fr. 100 und sprach Hrn. Wolf für seine Thätigkeit und erfolgreiche Verwaltung den Dank aus. Wahrscheinlich infolge Ausdehnung der städtischen

Verwaltung und anderweitiger Verwendung des Erlacherhofes (der Sitz der Bundesbehörden war im Anfang dort) wurde man genötigt, für die Bibliothek ein neues Lokal zu suchen und so installierte man dieselbe gegen 100 Fr. jährlichen Zins im Zunfthaus zu Kaufleuten. Auf Christeners Bericht hin sprach die Jahresversammlung in Solothurn 1848 100 Fr. Mietzins, 100 Fr. für den Unterhalt und 200 Fr. für den Druck eines neuen Katalogs. Der Bericht, welcher 1849 auf der Jahresversammlung in Frauenfeld verlesen wurde, konstatiert eine erfreuliche Vergrösserung der Bibliothek. Unter den Donatoren ragt besonders hervor Herr Apotheker Pfluger in Solothurn, der allein in 4 Sendungen die Bibliothek um 1273 Bände bereichert hat. Die Gesamtzahl ist wohl 2600; im übrigen werden wieder Fr. 200 für Miete und Unterhalt zugesprochen. 1850 werden ebenso an der Jahresversammlung in Aarau ausser dem gewöhnlichen Kredit von Fr. 200 noch Fr. 100 extra zur Komplettierung unvollständiger Werke bewilligt. Im gleichen Jahr erscheint der neue Katalog: „Verzeichnis der in der Bibliothek der schweiz. Naturforsch. Gesellschaft vorhandenen Bücher, Bern 1850, 172 S." Schon aus der Seitenzahl dieses Katalogs, 172 S. gegenüber dem letzten von 1843 mit 52 S., ersieht man, welchen Aufschwung die Bibliothek genommen hat.

Die Arbeit wurde dann auch bald zu gross für einen einzelnen, so dass Hr. Christener sich nach einer Hülfskraft umsehen musste, die er in F. Henzi, einem begeisterten Schüler Wolfs, fand. F. Henzi wurde von der bern. Naturforsch. Gesellschaft förmlich zum Unterbibliothekar ernannt und blieb bis 1853 in dieser Stellung. Der Jahreskredit wird an der Jahresversammlung in Sitten 1852 auf 504 Fr. 92 Cts. erhöht und auf Christeners Antrag beschlossen, den Ehrenmitgliedern die Akten ebenfalls franko zu senden. Der obige, aus Franken und Cts. bestehende Kredit mag verwunderlich erscheinen, jedoch rührt dies davon her, dass 100 Franken a. W. = 144 Fr. 92 n. W. als Mietzins umgerechnet wurden. Der Bericht von 1853 konstatiert eine Zunahme der Bibliothek um 340 Werke, darunter allein 120, welche von Prof. Dr. R. Wolf geschenkt worden sind, zudem half derselbe noch bei Erledigung der Bibliothekgeschäfte. Der Rapport für 1854 berichtet besonders über den Tauschverkehr, der sich auf 60 Gesellschaften ausdehnt; an Henzis Stelle ist Prof. Dr. L. Schläfli als Unterbibliothekar getreten. An der Jahresversammlung in Basel erhält der Bibliothekar einen Wink, keinen zu grossen Aktivsaldo in seiner Jahresrechnung aufzuführen. Die Rechnung Christeners schloss mit einem Plus von 209 Fr.; die Gesellschaft sprach wieder 500 Fr. Jahreskredit für die Bibliothek zu, aber mit Einschluss des Saldos, also eigentlich bloss 291 Fr. In der Versammlung in Trogen erhöhte man den Kredit wieder auf 500 Fr. ohne Einschluss des Saldo; zugleich wurde aber, mit Rücksicht auf den beschränkten Kassastand der Gesellschaft, das Central-Komitee beauftragt, die geeigneten Schritte zu thun zur Erlangung eines unentgeltlichen Lokals. Im Bericht pro 1858 wird die Zahl der Bände auf 5000 angegeben; der Tausch von Schriften geschieht mit 79 Gesellschaften. Prof. Schläfli resignierte als Unterbibliothekar; an seine Stelle trat Hr. J. R. Koch, Lehrer an der Realschule. Die bernische Naturforschende Gesellschaft hatte von nun an die Bezahlung des Lokales im Zunfthaus zu Kaufleuten übernommen, daher wurde der Jahreskredit auf 450 Fr. herabgesetzt. Inzwischen hatte sich die bern. Naturforschende Gesellschaft ebenfalls daran gemacht, ihre Statuten zu revidieren; dieselben datieren vom 19. Febr. 1859. In § 10 heisst es:

«Die der Gesellschaft zukommenden Geschenke, sofern sie in Büchern «oder Karten bestehen, sollen in der Regel der Bibliothek der schweiz. «Naturforsch. Gesellschaft einverleibt werden. Es sollen jedoch dieselben «im Falle einer Verlegung oder Auflösung dieser Bibliothek wieder der «bernischen Gesellschaft zufallen und zu diesem Zwecke mit einem eigenen «Stempel versehen werden. Bücher, welche die Bibliothek bereits besitzt, «sind der Stadtbibliothek zu übergeben.»

Mit dieser Bestimmung wurde einfach der Zustand legalisiert, wie er eigentlich seit 1816, als Wyttenbach das Archiv übernahm, immer bestanden hat, d. h. die Bücher der bernisch. Naturforsch. Gesellschaft wurden mit denjenigen der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft zu einer Bibliothek verschmolzen. Auch das Reglement, welches die bern. Naturforsch. Gesellschaft erliess, gibt diesem Gedanken Ausdruck: da die schweizerische Naturforsch. Gesellschaft (laut Beschluss vom 30. Juli 1828 [1]) der bernischen Naturforsch. Gesellschaft die Besorgung ihrer Bibliothek übertragen hat, so erwählt diese aus ihrer Mitte einen Bibliothekar, der

1. ihr jährlich zu Handen der allgemeinen Gesellschaft Bericht und Rechnung über seine Verwaltung vorzulegen hat;
2. alle gedruckten Zusendungen an die Gesellschaft für die Bibliothek in Empfang nimmt und
3. vom Sekretär Gratisexemplare der Mitteilungen der Berner Gesellschaft für alle gelehrten Gesellschaften des Auslandes, mit denen die schweiz. Naturforschende im Tauschverkehr steht, beziehen kann.

Daraus geht hervor, dass zu Gunsten der Bibliothek der allgemeinen Gesellschaft auch mit den Mitteilungen der bern. Naturforschenden Gesellschaft getauscht wurde. 1859 fiel die Jahresversammlung wegen der kriegerischen Ereignisse aus; von 1860, 1861, 1862 finden sich keine Berichte; aus den Rechnungen der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft kann man aber ersehen, dass die Verhältnisse sich gleich geblieben sind. Inzwischen war aber die Bibliothek so angewachsen, dass die bern. Naturforschende Gesellschaft sich noch um ein anderes Lokal umsehen musste; die Stadtbibliothek hatte sich durch einen Neubau vergrössert, und da warf man den Blick auf dieselbe. Ich fand im Protokoll der Bibliotheks-Kommission der Stadtbibliothek folgenden Passus:

19. Juli 1862.

Da die Stadtbibliothek während mehrerer Jahre über 2 Säle des neuen Gebäudes verfügen kann und durch Vermietung derselben an wissenschaftliche Gesellschaften einerseits Gleichartiges unter Dach bringt, andererseits eine neue Einnahmsquelle für die Bücherei eröffnet, so hat die Bibliothekkommission sich entschlossen:

1. Den grossen im ersten Stockwerk und die nördliche Mansarde an die hiesige Naturforschende Gesellschaft um einen Jahreszins von Fr. 250 zu vermieten, behufs Aufstellung der Bibliothek der allgemeinen schweiz. Naturforsch. Gesellschaft. „Die Büchergestelle an den Wänden liefert die Stadtbibliothek, die Quergestelle die Gesellschaft und ebenso diejenigen der Mansarde. Dauer des Akkords 5 Jahre. Heizung frei."

28. Febr. 1863 wird der Hinleihungsakkord genehmigt.
Derselbe lautet:

[1]) Eigentlich 30. Juli 1820.

Zwischen der Bibliothekkommission des Burgerrathes der Stadt Bern als Hinleiherin und der bern. Naturforsch. Gesellschaft ist folgender Akkord abgeschlossen worden:

Der Naturforsch. Gesellschaft wird vermiethet:

Erstens der Ecksaal gegen Süden im ersten Stockweck des Bibliothek-Neubaues, anstossend an Hrn. v. Wattenwyls Stallgebäude.

Zweitens die nördliche Mansarde des Neubaus.

Jenem Saal soll die Luftheizung täglich zu gut kommen, auch ist er mit neuen Bücher-Repositorien zu versehen, welche den übrigen im nämlichen Gebäude entsprechen. Die doppelte Reihe muss so beschaffen sein, dass die hintere um 2½ " höher zu stehen kommt, damit die Büchertitel sichtbar bleiben auf der letzten. Die Mansarde bleibt ungeheizt und leer und kann dienen zur Aufnahme der Büchergestelle, welche der Naturforsch. Gesellschaft angehören.

Die Empfaherin verpflichtet sich zu Feuer und Licht und Allem was übergeben wird, Sorge zu tragen und ohne Einwilligung der Hinleiherin an Niemanden zu untermieten. Dagegen bleibt sie frei von Einquartierungslast und Illuminations-Gebühren.

Dieser Akkord fängt an am 2. Febr. oder Lichtmess 1863 und währt 5 Jahre, also bis Lichtmess 1868. Nach Ablauf dieses Termins kann er, wenn die gegenseitigen Verhältnisse es gestatten, erneuert werden. Die allfällige Aufkündigung muss 6 Monate vor Ablauf des Akkords, also am 2. Aug. 1867 geschehen. Der Mietzins beträgt zweihundert Franken für den Eck-Saal und fünfzig für die Mansarde, mithin im Ganzen jährlich Franken zweihundertfünfzig.

Geschehen unter beidseitiger Unterschrift in Bern, den 29. Okt. 1862.

Namens der Bibliothekkommission:
Der Präsident: *Dr. Stantz,*
Der Oberbibliothekar: *K. L. v. Steiger.*
Namens der Naturforschenden Gesellschaft:
Der Präsident: *B. Studer,*
Der Sekretär: *Dr. R. Henzi.*

Mit dem Umzug der Bibliothek in die Räumlichkeiten, die sie jetzt noch inne hat, war eine genaue Revision verbunden, und in der Besorgung der Geschäfte standen Hrn. Christener die Herren Dr. Cherbuliez und J. Koch kräftig helfend zur Seite. Zudem wurde die Herausgabe eines neuen Katalogs in Aussicht genommen, wofür pro 1864 ein ungenügender Kredit von 600 Fr. angesetzt worden war. Hr. Christener, der 17 Jahre lang die Bibliothek verwaltet hatte, trat wegen vermehrten Berufsgeschäften von der Leitung der Bibliothek zurück. An seine Stelle wurde gewählt Hr. J. R. Koch, dem Hr. Dr. Cherbuliez als Unterbibliothekar beigegeben wurde. 1864 sprach dann wirklich die Jahresversammlung in Zürich nochmals 600 Fr. für den Katalog, nebst 450 Fr. ordentlicher Kredit zu. Über diesen Katalog lohnt es sich, einige Worte zu verlieren, dies noch um so eher, als er der letzte vollständig herausgekommene ist.

Sein Titel lautet: Verzeichnis der Bibliothek der schweiz. Naturforschenden Gesellschaft. Bern, Druck von Rieder & Simmen 1864. 188 S.

Im I. Abschnitt gibt Hr. J. R. Koch eine gedrängte Übersicht über die Entwicklung der Bibliothek. Das erste Verzeichnis 1821 zählte 44, das zweite 1843 364 Nummern, das dritte 1850 schon 1270 Nummern

mit 2800 Bänden, 1864 das vierte 2535 Nummern mit 6000 Bänden. Dazu kam ein Tauschverkehr mit 99 ausländischen und 13 schweiz. Gesellschaften.

Dr. Nicati in Aubonne schenkte ca. 80 Bände Bücher und Brochüren meist medizinischen Inhalts.

Wohl infolge dieses Katalogs war es, dass die Bibliothek wieder wertvolle Zuwendungen zu verzeichnen hatte. Prof. Plantamour schenkte seine sämtlichen Werke, 50 Bände Hr. v. Wattenwyl-v. Fischer; mit 99 Gesellschaften war man im Tauschverkehr. Das 1865 erschienene 1. Supplement zählt allein 15 Seiten. 1866 schenkte Pfarrer Kuhn in Affoltern die Bibliothek des bekannten Botanikers Pfarrer Schärer in Belp, im ganzen 202 Bände, worunter 112 ältere, sehr geschätzte botanische Werke. Das 2. Supplement zählt schon 18 Seiten. Unterdessen war in Bezug auf die Bibliothek wieder etwas Neues angeordnet worden. Am 29. April 1864 richtete die bern. Naturforsch. Gesellschaft an den Burgerrat das Gesuch, um unentgeltliche Überlassung der bisherigen Räumlichkeiten für die Bibliothek. Darüber heisst es im Protokoll der Bibliothekskommission, an welche das Gesuch zur Begutachtung gewiesen worden war:

Protokoll 4. Juni 1864.

„Betreffend die bern. Naturforschende Gesellschaft ist eine klar-abgefasste Zuschrift derselben d. d. den 29. Apr. 1864 vom Burgerrath unterm 3. Mai an die Kommission gewiesen worden. Dieselbe weist nach, wie die Gesellschaft der schweiz. Naturforscher 1815 entstanden und wie ihre Bibliothek durch Umtausch ihrer Denkschriften gegenüber mehr denn 100 auswärtigen Gesellschaften vergrössert worden und in stetem Wachsthum begriffen sei. Seit Jahrzehnten hat die bern. Naturforsch. Ges. die Aufbewahrung der Bücher der Allgemeinen Gesellschaft übernommen und bestreitet die daherigen Kosten ausschliesslich aus ihren speziellen jährlichen Beiträgen, da sie gar keinen Fonds besitzt. In dieser Bedrängniss beschloss das Centralcomite den 5. März 1864 von der schweiz. Naturforschenden Gesellschaft alljährliche Leistung der Hälfte des der Bibliothek zu entrichtenden Mietzinses mit Fr. 125 zu erbitten. Allein diesem Beschluss ist nicht Folge gegeben worden, weil die Gewissheit vorherrscht, dass andere Schweizerstädte bereitwillig wären diese Bibliothek unentgeltlich aufzunehmen. Daher beschloss das Centralcomite am 2. April sich an den Burgerrath um Erlass des Mietzinses zu wenden.

Hierseits erklärt sich die Bibliothek einverstanden im Interesse der Beibehaltung einer immer werthvoller werdenden Sammlung von Denk- und Zeitschriften, deren Obhut einer Gesellschaft anvertraut ist, welche jährlich ihre durch Umtausch gewonnenen Zeitschriften gegen Berichtigung der Frachtkosten der Stadtbibliothek schenkt," u. s. w.

Am 14. Jan. 1865 erhält die Berner Naturforsch. Gesellschaft ein Schreiben des Inhalts, dass es dem Burgerrath zum wahren Vergnügen gereiche, ihr die Miete vom 2. Febr. 1865 an zu schenken. Daraufhin dankt die Gesellschaft per Schreiben vom 11. Febr. 1865 bestens und verspricht, die Doubletten gratis abzuliefern d. h. die Portokosten selbst zu übernehmen. Damit sind wir bei dem Zustand angelangt, wie er jetzt noch zu Recht besteht. Als Entgelt für die freie Ueberlassung der Bibliothekräume tritt die bern. Naturforsch. Gesellschaft der Stadtbibliothek alle Bücher und Schriften, welche sie im Tauschverkehr mit anderen Ge-

sellschaften erhält, ab; es sind das Doubletten, welche entbehrlich sind, da die Bibliothek für die allgemeine schweiz. Gesellschaft mittelst Verhandlungen, Denkschriften und seit 1880 auch mittelst der Comptes-rendus mit den nämlichen Gesellschaften in Tauschverkehr steht. Ausser dieser nicht unbeträchtlichen Leistung, subventioniert die bern. Gesellschaft die Bibliothek mit den Ausgaben für Porti der Doubletten, die ca. 150 Fr. in Baar durchschnittlich per Jahr betragen.

Der Bericht pro 1866 erwähnt eine erkleckliche Vermehrung der von Prof. Wolf angelegten Autographensammlung, indem Prof. B. Studer 170 an ihn gerichtete Briefe fremder Naturforscher der Bibliothek überwies. Das Jahressupplement zählt 18 Seiten. Pro 1869 wird der Kredit auf 550 Fr. erhöht.

Nach dem Bericht von 1869 zählt der Bücherbestand 7000 Bände und zwar

Mathematik u. Physik	1300	Bde.
Naturwissenschaft u. Medizin	2100	„
Biographien, Reisen, Technologie	800	„
Gesellschafts- u. Zeitschriften .	2800	„

Das Supplement zählt 25 Seiten. 1871 verliess Dr. Cherbuliez, der als Schuldirector nach Mülhausen zog, sein Amt als Unterbibliothekar, das er seit 9 Jahren inne hatte. Auf ihn folgte Ingenieur A. Benteli, dann 1872 J. J. Schönholzer, beides Lehrer an der Kantonsschule; das Supplement zählte 23 Seiten. 1872 wurden von Hrn. Ingenieur Leuch 54 Bände, sodann von anderen Herren weitere 39 Bände geschenkt. 1874 trat als Unterbibliothekar ein Hr. F. Langhans, Lehrer der Kantonsschule. 1876 wird beschlossen, den Bericht über die Bibliothek nur alle zwei Jahre abzustatten. 1875 zählt dieselbe 8340 Bände und steht mit 198 Akademien und Gesellschaften im Tauschverkehr. 1879 wurde Hr. Th. Steck, Conservator, Unterbibliothekar. 1881 regt Koch die Frage der Herausgabe eines Supplements, das alle nicht im Katalog von 1864 figurierenden Bücher enthalten soll, an, sowie die Versicherung der 10000 Bände gegen Brandschaden. Die Jahresversammlung in Aarau beschloss die Herausgabe des Supplements. Dasselbe erschien 1882 und hatte zum Titel:

„Supplement zu dem Verzeichniss der Bibliothek der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft vom Jahr 1864. 1864, IX — 1882, I.“ Darnach zählte die Bibliothek 3450 Nummern mit ca. 10000 Bänden, worunter sich eine grosse Anzahl von Sammelbänden befindet, von denen die meisten 10 bis 20 verschiedene Abhandlungen enthalten. Unter den Hauptdonatoren werden genannt: Bachmann, Favre, Fatio, Fischer, Forel, Plantamour, Renevier, B. und Th. Studer, Wolf.

Nach demselben stand die Bibliothek mit 254 Akademien und gelehrten Gesellschaften im Tauschverkehr. Der Jahreskredit beträgt 700 Fr., der 1888 auf 900 Fr. steigt. Auf Neujahr 1889 trat Herr J. R. Koch, nach 33jähriger musterhafter Geschäftsführung, von der Leitung der Bibliothek zurück; demselben wurde sowohl von Seite der bernischen, als der allgemeinen schweizer. Gesellschaft durch ein Ehrengeschenk der Dank Aller ausgedrückt. Vorher schon war Hr. Th. Steck von der Stelle des Unterbibliothekars, die er 10 Jahre lang in uneigennützigster Weise versehen hatte, zurückgetreten; seine Stelle übernahm Hr. Dr. E. Kissling. Der Stand der Bibliothek bei diesem Personenwechsel war ungefähr folgender:

Der Tauschverkehr wurde unterhalten mit 270 ausländischen und ca. 20 schweizerischen Gesellschaften, die Bändezahl war auf über 12000 gestiegen. Zugleich wurde der Antrag gestellt, den Bibliothekkredit von 900 auf 1200 Franken zu erhöhen, um eine Hülfskraft anzustellen, welche in ca. 3 halben Tagen per Woche die laufenden Geschäfte besorgen könnte und welche zugleich die Möglichkeit zulassen würde, die Bibliothek mehrmals per Woche den Mitgliedern zu öffnen. Dies wurde an der Jahresversammlung in Lugano beschlossen und es war auch dringend notwendig. Schon seit 1883 hatte die schweizer. geolog. Gesellschaft mit dem Centralcomite Unterhandlungen angeknüpft, ob nicht die Bücher und Geschenke, welche sie erhielt, in der Bibliothek der schweiz. Naturforsch. Gesellschaft aufgestellt werden könnten. Auf Antrag des Bibliothekars wurde festgesetzt, dass unter der Bedingung, dass die Bücher mit dem Stempel der schweiz. geolog. Gesellschaft versehen werden und allen Mitgliedern der schweizer. Naturf. Gesellschaft zugänglich sein sollten, dem Begehren entsprochen werden sollte. In gleicher Weise wurde die Bibliothek des schweizer. Apothekervereins übernommen. Ueber diese beiden Separatbibliotheken mussten, sollten sie benutzbar werden, besondere Kataloge angelegt werden. Natürlich genügten in Folge dieses Zuwachses die Räumlichkeiten in der Berner Stadtbibliothek nicht mehr; in derselben selbst konnte aber absolut kein Raum mehr erlangt werden, da die Stadtbibliothek selbst sehr beengt ist. Es blieb nichts anderes übrig als auf Gesellschaftskosten an der Kramgasse ein drittes Lokal zu miethen, für das jährlich 200 Fr. Miete bezahlt werden muss. Eine Revision der Bibliothek nebst Neudruck des Katalogs ist ein absolutes Bedürfnis. Frau Kräuter-Lauterburg, welche mehrere Jahre als Bibliothekaushülfe fungirt hat, musste leider zurücktreten; an ihre Stelle trat Frl. Elise Stettler von Bern, die sich rasch in die Arbeit hineingelebt hat. Herr J. R. Koch bekundete seine Anhänglichkeit an das Institut dadurch, dass er seine Bibliothek mathematischen und naturwissenschaftlichen Inhalts, 400 Bde., bei seinem Tode demselben testamentarisch vermachte und ausserdem sowohl der allgemeinen als auch der schweizer. Gesellschaft je Fr. 500 hinterliess, welche Summe als Kochfundus von jeder Gesellschaft besonders verwaltet wird und deren Zinsen zur Aeuffnung der Bibliothek dienen.

Auch dies Jahr erhielten wir besonders aus dem Nachlass des Hrn. v. May von Rued eine stattliche Anzahl von Werken astronomischen Inhalts und es steht die Bibliothek mit ca. 340 ausländischen und 23 schweiz. Gesellschaften in Verbindung. Die Anzahl der Bände schätzen wir auf ca. 18000 in 4277 Nummern, darunter die wertvolle von Prof. Wolf begonnene Autographensammlung, die allein 12 Foliobände ausmacht, und eine stattliche Zahl von Manuskripten.

Aus dieser Darlegung geht vor allem das hervor, dass dank des uneigennützigen Wirkens von Mitgliedern, vor allem von solchen der bern. Naturforsch. Gesellschaft, ein Material in dieser Bibliothek zusammengebracht worden ist, auf das wir mit Recht stolz sein können. Eine Trennung der Bibliothek in diejenigen Bücher und Schriften, welche der bern. Gesellschaft gehören, und in diejenigen, welche Eigentum der allgemeinen Gesellschaft sind, lässt sich nicht mehr durchführen. Die bern. Naturforsch. Gesellschaft hat eben in ihrer Eigenschaft als Bibliothekarin ihr Alles, was sie in dieser Beziehung ihr eigen nennen durfte, drangegeben, um die Bibliothek im Interesse der Gesamtheit zu heben. Eine

Aenderung des Status quo ist also weder im Interesse der allgemeinen schweiz. Gesellschaft noch derjenigen von Bern. Unsere Anstrengungen müssen vielmehr darauf gerichtet sein, dass wir in der Berner Stadtbibliothek uns besser und wohnlicher einrichten können, und dazu ist alle Aussicht vorhanden. Die Bibliothekkommission derselben teilt unter dem 24. Mai dieses Jahres mit, dass der Bibliothek der beiden Naturforsch. Gesellschaften weitere Räumlichkeiten gegeben werden, sobald die historischen und ethnographischen Sammlungen aus der Stadtbibliothek ins neue historische Museum dislociert seien. So steht nun die Sache! Möge auch fernerhin ein freundlicher Stern über diesem Institute walten, möge es ferner wachsen, blühen und gedeihen. —

Bern, im Juni 1894.

J. H. Graf.

Notizen zur Geschichte

der

Mathematik und der Naturwissenschaften

in der Schweiz.

J. G. Tralles an D. Huber in Basel.

Neuchâtel, den 8. November 1803.

Hochzuverehrender Herr Professor!

Welche Nachlässigkeit der Eile schuld gemessen ist, dass ich Ihnen nicht die Differenz der Barometer mitgetheilt, begreife ich kaum. Hier ist sie:

Vor dem Gebrauch stand mein Heberbarometer 0″,077 höher als Ihr Reservoirbarometer (bei 26″,75), nach der Reise 0″,072. Beide Barometer nach ihren respektiven Zahlen abgelesen. Allein es ist zu bemerken, dass Ihres Barometers Skale auf 21 Zoll um 0″,018 zu gross ist. Nämlich 21 Zoll Ihres Barometers sind 21,018 wahres französisches Mass, so gut sich dies an einer hölzernen Skale abnehmen lässt. Die Witterung während den Beobachtungen, die ich Ihnen übersandt, war sehr schön, kein Wind, keine Wolken.

Der Hygrometer bei den Barometerbeobachtungen lehrt *nichts*, seine Anzeigen sind lokal. Damit will ich, wie sie leicht abnehmen, nicht sagen, es sey überflüssig, den hygrologischen Zustand der Luftsäule zu kennen — allein er lässt sich leider nicht oder doch nur sehr schwerer beobachten.

Die durchstrichene Zahl für Thermometer ist recht, wenigstens nach den mitgetheilten Beobachtungen.

Die — — — unter den Linien sind meines Bedünkens $0''' \frac{0'''}{61}$.

Ich habe kopirt, was mir mitgetheilt worden, da ich den Beobachter selbst noch nicht hatte fragen können. Die Probe auf dem Moléson werde ich selbst mittheilen. Nur gegenwärtig habe ich andere Geschäfte, die mich abhalten, die Journale durchzugehen.

Es ist mir sehr leid, Ihnen nicht bälder haben antworten zu können. Auch konnte ich aus eben diesem Grunde kein Barometer anstellen. Allein nach Empfang dieses Briefes vom Freitag dieser Woche an, werde ich sie machen. Morgens 8, Mittags 12, N.-M. 3 und vielleicht öfter, nach Ihren Angaben. Verzeihen Sie die Eile dieses Briefes, den ich nicht länger verschieben wollte.

Empfangen Sie die Versicherung meiner Hochachtung, nebst allen Wünschen für ihr Wohlergehen

Von Ihrem Tralles.

Neuchâtel, den 20. May 1804.

Hochzuverehrender Herr!

Die Beobachtnngen, welche ich hier zu machen versprochen, sind nicht vergessen worden, nur die Mittheilung ist, durch mannigfaltige Hindernisse verschoben, mir erst gegenwärtig möglich. Hier folgen sie:

♀ d. 11. Nov.	Barom. 16tel	Therm.	Temp. d. Luft	
8 U. 12 m. Morg.	20″. o‴ 4,5	— 1	+ 7,5	Westlicher Wind.
10 — —	8	+ 1	9,0	Schwer wolkicht.
12 — —	7,5	— 0,5	9,0	Zuweilen Sonnenblicke.
8 30 Ab.	2	— 1	7,6	
10 — —	0	— 1	7,0	
11 30 —	7,0	— 1,5	8,5	
♄ d. 12. Nov.				
8	26. 2. 02,0	— 1	6,9	Starker West, Luft klar.
10	2. 6	— 0,5	7,3	Alles überzogen bis gegen den Horizont, Westwind stärker.
12	5	— 1	8	Es fängt an zu regnen.
3	2,2	— 1,5	8,2	id. id.
9	3. 2	— 1.5	7,7	id., der Westwind dauert mit gleicher Stärke fort.
10½	5,5	— 1,5		id.
☉ d. 13. Nov.				
8¼	26. 4. 1,5	— 1,8	6,4	Der Westwind hat sich etwas gelegt.
10	3	— 1,5	7	.... nimmt stark zu, alles überzogen.
10⅛	7			Regnet heftig.
12	9	— 1,5	5	Gleichförmig dick überzogen, der West lässt etwas nach.
10	5. 0	— 2	5,2	West hat sich gelegt.
☾ d. 14. Nov.				
8	26. 6. 2	— 2,7	5,5	Alles bewölkt, Stille.
10	4	— 2	6	
12	8	— 0,5	7,5	Stille, es heitert sich auf.
3½	4	— 1	6,8	
8	1	— 2	5,3	
10	3	— 2	5,3	Sternhell.

♂ d. 15. Nov.				
10 M.	26. 7.	7½	— 1	6,1 Heiter.
12		9	+ 1	7,5
10 A.		8	— 1	4,6
☿ d. 16. Nov.				
8	26. 6.	0	— 2	2,5 Reaum., starker Nebel
10	5.	11	— 1,5	3,7 id.
12		2	— 1,5	4,0 Kaum sieht man über den See.
3	4.	6	— 1,3	5,0 Man sieht die Alpen, aber der Himmel ist dick überzogen.
4		1	id.	
5	3.	11	4,6	
6		9,5		
7		6	4,5	
8		3		
9		1,5		4 Schwacher Westw.
10		3,0	— 2	4,5 Regen, Stille.
♃ 17. Nov.				
8	26. 2.	6,0	— 2	6 Regnerisch, ganz bedeckt, Westw.
10½		12	— 1,7	6,2 Der Wind nimmt zu, Regen.
12		15	— 1,5	6,0 Westwind stark, Regen.
3½	4.	8	— 1,5	6,3 Die Wolken sammeln sich in Massen; es stillet.
8		14	— 2	5 Es heitert, stille
10		14	— 2	4,3 Sternhell.
♀ 18. Nov.				
8½	26. 3.	4	— 2	8,0 Regen, dick trübe, ziemlicher West.
11		6	— 2	8,3 W. wird sehr heftig.
12		5	— 1,5	8,5
3		12	— 1,3	9,0 id.
10		3	— 1,5	8,6 Stille, bedeckt.
♄ d. 19. N				
8½	26. 2.	9	— 1,5	8,9 Stille bedeckt, regnet schwach, Berge sichtbar.
10½		8	— 1	9,5 Etwas Westw. Sonne bricht etwas durch.
12			id.	9,6 Dick bedeckt, Westwind, Regen.
4		2	—	8,7
8		4	—	9,0
10		2	—	9,0

☉ d. 20. Nov.				
8	26. 2.	6	— 1	9,0 Die Sonne tritt hervor, stille, halbheiter.
10		8	— 0,3	10,0
12		6	+ 1,8	11,7
3	1.	12	+ 1	12
10		8	0	9,6 Es regnet.
☾ d. 21. Nov.				
8	26. 0.	14	— 0,2	7,7 Sonnenschein, wolkicht.
10	1.	0	0	9,6
12	1.	0	+ 2	11,5
3¼	3.	2	0	7,6 Regen, wenig Westwind.
8	4.	13	0	7,5 Theils helle, Bergwind.
10	5.	5	0	6,4 Ganz helle. Stille.
♂ d. 22. Nov.				
8½	26. 4.	10	— 0,5	4,1 Halbhelle, etwas ☉-schein, stille.
10		9	0	5
12		6,5	+ 1,5	6,0 Alpen sichtbar, höher bedeckt.
3	3.	15	0	6,6 id.
10		3	0	7,8 Regen.
☿ d. 23. Nov.				
8	26. 4.	8	— 0,5	8,0 Regen.
10		8,5	— 0,2	8 Es wird helle, mit heftigem Wind aus Westen.
8 Ab.		5,0	— 0,5	5
10		2	— 0,5	5,6 Regen. Viel Wind, aber unterbrochen.
♃ d. 24. Nov.				
8½	26. 5.	14	— 1	5,5 Regnerisch Wetter.
10		14	— 1	5,9
12		12	id.	3,5
3		15	—	4,0
10	6.	3	— 1,5	2,8 Helle.
♀ d. 25. Nov.				
8½	26. 5.	15,5	— 3	3,0 Ueberzogen, mittelmässiger West.
10		8	— 3,2	2,0 Fängt an zu regnen, Wind stärker.
12	4.	12	— 3,6	0,5 Schneegestöber.
8	5.	11	— 3,0	1,0
10		13	— 3,5	0,4

Ich habe mich nicht genau an Stunden binden können; das Intervall eines jeden Tages von Morgens 8 bis Abends 10 wird nebst den Zwischenzeiten hinreichen, Ihren Zweck zu erfüllen, wenn Sie nach unserer Uebereinkunft die korrespondirenden haben. Die Witterungsumstände sind während der 14 Tage ziemlich gleich bis gegen das Ende. Weiter habe ich diese Beobachtungen nicht fortgesetzt, weil ich Tags darauf von hier für ein paar Monate mich entfernt habe. Bald verlasse ich die Schweiz. Ihren Barometer nimmt Herr von Montmollin in Verwahrung, um mit Gelegenheit Ihnen denselben zukommen zu lassen, die bisher gefehlt hat. Die Höhe meines Salons über dem See sollen Sie auch erhalten.

Genehmigen Sie, mein hochzuverehrender Herr Professor, die Versicherung der besondern Hochachtung

Ihres ergebensten *Tralles.*

Nr. 37. Als eine Fundgrube für Forschungen für die Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften und verwandte Disciplinen in der Schweiz muss die *Festschrift der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker* (zum 25-jährigen Jubiläum des eidgenössischen Polytechnikums) angesehen werden. Prof. *F. Rudio* veröffentlichte darin:

«*Direktoren und ehemalige Professoren der eidgenössischen polytechnischen Schule.* Biographische Skizzen», welche in Zürich 1894 als Separatabdruck aus der genannten Festschrift erschienen sind.

Das Kontingent der Berner ist klein; es sind deren bloss 4, nämlich:

1) *Karl Friedrich Geiser,* geboren am 26. Februar 1843 in Langenthal, Professor der höhern Mathematik und gegenwärtig zum zweiten Mal Direktor der Schule.
2) *Eduard Schär,* geboren am 7. Dezember 1842 in Bern, 1881 Professor der Pharmacie in Zürich, 1892 Nachfolger Flückigers in Strassburg.
3) *Joh. Rudolf Aibert Mousson,* geboren am 17. März 1805, gestorben den 6. November 1890, Professor der Physik.
4) *Franz Xavier Marchand,* über welchen nicht viel bekannt war, und wo ich mit Hilfe des Herrn Grossrat Folletête, Archivar in Pruntrut, folgendes herausfand:

F. X. Marchand, geboren den 11. Praerial VII = 30. Mai 1799 in Soubey, studierte in Solothurn, Freiburg im Breisgau, Wien, war Erzieher der Knaben des Grafen Potocki, ging 1829 mit ihnen nach Wien, wurde 1832 Forstinspektor des Jura. 1833 übersetzte er «Les considérations sur les forêts du Jura bernois et sur la libre exportation du bois par Kasthofer», ein Werk das er mit Noten versah; dann hielt er Forstkurse, wurde 1846 kantonaler Forstinspektor, schrieb 1849 «Mémoire sur le déboisement des montagnes», 1852 «Mémoire sur la production et la consommation des bois dans le canton de Berne». 1850 wurde seine Stelle aufgehoben; es folgte seine Ernennung zum Direktor der Domäne St. Urban, zum Professor der Forstwissenschaft in Zürich, wo er den 1. November 1859 starb. Seine Frau war eine geborene Biétry.

Nr. 38. Die Originalplatten zum Panorama vom Sidelhorn, welches der bekannte, im Dienste J. R. Meyers von Aarau stehende J. H. Weiss bei Anlass seiner Reisen gezeichnet hat, befinden sich im Besitz der Sektion Bern des S. A. C. Mit denselben sind gelungene Neudrucke veranstaltet worden.

Nr. 39. Über F. A. Flückiger sind bemerkenswert die Nekrologe von Professor Dr. Tschirch, im «Bund» vom 12., 13. und 14. Dezember 1894, dann in der «Allgemeinen Schweizer Zeitung» vom 16. Dezember 1894:

«Im Hörsaal des pharmaceutischen Institutes in der alten Akademie zu Strassburg fand am 13. Dezember laut «Strassburger Post» eine kurze, aber ergreifende Trauerfeier zu Ehren des in Bern verstorbenen früheren Strassburger Professors F. A. Flückiger statt. Professor Dr. Ed. Schär verkündete den Tod «des um die Pharmacie verdientesten Mannes», Professor F. A. Flückiger, der in Strassburg von 1873—1892 als würdiger Nachfolger berühmter Vorgänger den Lehrstuhl der Pharmacie inne hatte.

F. A. Flückiger wurde geboren den 25. Mai 1828 in Langenthal bei Bern (Schweiz). Er hat sozusagen von der Pike auf gedient. In Solothurn Apothekerlehrling, nahm er, nach bestandenem Gehilfenexamen, in den grössten Städten Deutschlands, Frankreichs und der Schweiz Stellen an, studierte in Bern, wurde nach seinem summa cum laude bestandenen Staatsexamen Vorstand der Staatsapotheke in Bern, später ausserordentlicher Professor an der dortigen Universität, promovierte zum Doktor in Heidelberg und leistete 1873 als ordentlicher Professor einem ehrenvollen Rufe nach Strassburg Folge an die alte «Ecole supérieure des Elèves en Pharmacie», das jetzige «Pharmaceutische Institut». Er wurde 1892 auf seinen Antrag emeritiert, um sich ganz dem Privatstudium zu widmen, und wählte als dauernden Aufenthaltsort Bern. Dort wurde er von schmerzvoller Krankheit in der Nacht vom 11. bis 12. Dezember durch einen sanften Tod erlöst. Seine Verdienste um die Pharmacie hervorhebend, bezeichnete der genannte Strassburger Professor seinen Schülern gegenüber F. A. Flückiger als den Begründer der jetzigen neuen Schule, und seit Scheele, der auch vor 100 Jahren aus dem Apothekerstand hervorgegangen ist, als den grössten Fachgenossen und auf dem ganzen Erdball als die «erste Autorität» in Streitfragen.

Zum Schluss bat Redner, das Andenken des so hochverdienten und beliebten «Papa» Flückiger durch Erheben von den Sitzen zu ehren und schloss zum Zeichen der Trauer die Vorlesung». (Allg. Schweizer Zeitung Basel.)

Soeben erschien eine grössere Biographie betitelt: «F. A. Flückiger, von A. Tschirch». 46 S. Sonderabdruck aus den Berichten der pharmaceutischen Gesellschaft 1895. R. Gaertner. Berlin.

Nr. 40. Dem so tragisch verschwundenen Zoologen Hermann Fol von Genf widmet Professor Bedot-Genf einen Nachruf, dem folgendes zu entnehmen ist:

Herman Fol, am 23. Juli 1845 in dem neuerdings durch die bekannten Eisenbahnunfälle bekannten St. Mandé bei Paris geboren, absolvierte die Schulen seiner eigentlichen Heimat Genf und studierte dann hauptsächlich unter Häckel in Jena Zoologie, von dem er auch 1866—1867 auf eine wissenschaftliche Reise nach den kanarischen Inseln mitgenommen wurde. Daran anschliessend machte Fol mit seinem Freunde Micluclo-Maclay, dem nachmals so berümten Durchforscher von Neu-Guinea, eine weitere, beschwerliche Reise durch Marocco und promovierte nach seiner Rückkehr in Berlin als Doktor der Medizin. Vorübergehend praktizierte er in Genf; nach seiner Verheiratung liess er sich aber in Ville-franche am Mittelmeer nieder und gründete dort eine zoologische Station. Zahlreiche Arbeiten und Studien über die Mollusken, Echinodermen und be-

sonders die Embryologie legten Zeugnis ab von seiner grossen Befähigung und Arbeitskraft, so dass ihm 1876 Il consiglio superiore dell'instruzione publica von Italien den Lehrstuhl der Anatomie an der Universität Neapel antrug, den er aber ausschlug, um in Genf die bescheidenere Stellung eines Professors der vergleichenden Embryologie anzunehmen, die er dann nach 9 Jahren wegen eines bedauerlichen Vorfalles an der Universität wieder aufgab. Er hatte seinerzeit sein zoologisches Laboratorium in Ville-franche der französischen Regierung abgetreten; diese ernannte ihn nun zum Adjunktan des Direktors des Instituts. Er erhielt sodann von der Regierung die Erlaubnis, eine zoologische Forschungsreise längs der tunesischen Küsten und im griechischen Archipel vorzunehmen. Zu diesem Zweck erwarb er sich eine geeignete Yacht «Aster», die er für eine solche Reise gehörig ausrüstete. Das wissenschaftliche Ziel sollte eine Monographie über die Schwämme des Mittelmeers sein. Am 13. März 1892 schiffte er sich in Havre ein, um sich durch die Meerenge von Gibraltar vorerst nach Nizza zu begeben. Die Yacht berührte noch einige Tage später Benodet, und seither ist man leider ohne Nachricht von ihr und den Insassen geblieben. Alle Nachforschungen waren erfolglos. Wahrscheinlich ist die Yacht in einem der Märzstürme des Jahres 1892 mit Mann und Maus zu Grunde gegangen, denn die Annahme, dass Fol in die Hände maroccanischer oder maurischer Räuber gefallen sei, wäre doch gar zu romanhaft. Fols wissenschaftlicher Nachlass beziffert sich auf die stattliche Zahl von 143 Publikationen, ein beredtes Zeugnis der Schaffenskraft des Forschers, der so tragisch enden sollte. Er war Mitglied vieler gelehrter Gesellschaften des In- und Auslandes und Inhaber des Kreuzes der Ehrenlegion. (Der Redaktor in der «Allg. Schw. Zeitg. Basel».)

Nr. 41. Zu meiner Biographie Wolf's (siehe Mitteilungen 1892) sind mir von verschiedenen Seiten kleine verdankenswerte Berichtigungen und Zusätze zugekommen; so schreibt mir Herr Direktor Billwiller:

Auf pag. 16 (Seite 206 des Bandes) sollte es heissen: «Auf der eidgenössischen Sternwarte *war* seit deren Gründung bis 1880» und nicht *ist*. Die meteorologische Centralaustalt ist schon längst wegen Platzmangel ausgezogen und seit 1884 im neuen eidgenössischen Physikgebäude untergebracht.

Nicht richtig ist ferner meine Angabe, dass Wolf Präsident der Meteorologischen Commission gewesen sei. An der Spitze dieser Commission steht der Vorsteher des eidgenössischen Departements des Innern, Herr Bundesrat Dr. Schenk, Wolf war Vicepräsident der Commission. — Herr *Dr. I. B. Messerschmidt* schreibt mir: Wolf gab jeweilen in den «Astronomischen Nachrichten» einen kurzen Auszug aus seinen Mitteilungen. Ferner erschien jährlich ein «Jahresbericht» über die Thätigkeit der Sternwarte in der «Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft».

Weitere Nekrologe zu den bereits Seite 24 und 25 des Separatabzuges (214 und 215 des Hauptbandes 1893) gegebenen sind folgende:

Wolfer, A., Astronomische Nachrichten, Bd. 134, Dezember 1893, Nr. 3204.

Günther, S., Beilage zur Allgemeinen Zeitung in München vom 26. Januar 1894.

Maurer, J., Zeitschrift «Sirius» 1894, Nr. 3.

Messerschmidt, J. B., Zeitschrift «Gaea» 1894, Nr. 4, mit Bild.

Weilenmann, A., Vierteljahrsschritt der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft 1894.

Herr Prof. A. Wolfer, der Nachfolger Wolfs, schreibt mir bei Gelegenheit der Zusendung eines Bandes der Autographen-Sammlung der Bibliothek der schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft:

«Zugleich ist mir, wenigstens teilweise, ein Rätsel gelöst worden, «weshalb sich in Wolfs Nachlass nicht die geringste Spur von Briefen aus «früherer Zeit vorgefunden hat. Ein grosser Teil derselben ist ohne «Zweifel in Ihrer Sammlung enthalten (stimmt); doch glaube ich dennoch, «dass er vieles vernichtet hat; es sei denn, dass auch die Correspondenz «aus den 50er und 70er Jahren an irgend eine Stelle gekommen ist, von «welcher Wolf voraus sah, dass sie einst den richtigen Gebrauch davon machen «würde». In der That habe ich nicht nur bei meinem Amtsantritt als Bibliothekar stattliche Pakete von Briefen, die Wolf der Bibliothek für die Autographen-Sammlung geschenkt hat, vorgefunden, sondern auch nachher hat derselbe der Bibliothek hie und da weitere Sendungen gemacht. Diese Briefe sind alle eingeordnet und registriert. Wir können unsere Sammlung nicht genug empfehlen. Man nehme sich doch die gewiss nicht grosse Mühe und lege aus seiner Correspondenz die Briefe hervorragender Gelehrter des In- und Auslandes in ein Paket zusammen. Dieselben werden sofort geordnet der Sammlung einverleibt und so der Nachwelt erhalten. Gerade im letzten Jahr konnten wir zwei mal mit Autographen aushelfen, die ohne den treuen Sammelgeist Wolfs uns eben nicht zur Disposition gestanden wären.

Wir sagen auch hier: Vivant sequentes!

Nr. 42. Herr Dr. Antonin Favre in Freiburg publizierte in den «Etrennes fribourgeoises pour 1895» eine interessante Notiz «L'astrologie et les calendriers à Fribourg au XVIme siècle», besonders wertvoll auch wegen der Details über die Stadtärzte Hans Ulrich Bidermann und Nicolaus Bidermann. Hans Ulrich Bidermann von Rottweil war Stadtarzt in Freiburg 1540.

Nicolas Bidermann verfasste 1564: Thesaurus medicinae, Manuscript im Besitz von Professor Gremaud (vergleiche Notiz von Dr. Berchtold darüber), und spielte eine bedeutende Rolle als freiburgischer Landvogt und Magistrat, starb 1575 zu St. Dié in der Dauphiné.

Bidermann verfasste auch: Kalender oder Laassbüchlin uff das Jahr MDLXXIII. Gerechnet und gestelt uff den Meridianum beder Stetten Bern und Fryburg durch Niclaus Bidermann zu Fryburg.

Es sind noch zwei Exemplare auf dem bernischen Staatsarchiv vorhanden, eines mit dem Bernerwappen, schwarzer Bär in dreifach geteiltem weissem Feld, eines mit dem doppelten Freiburgerwappen darüber den Reichsadler.

Ich notiere noch aus den sehr interessanten Angaben des Herrn Dr. Favre, dass Bidermann auch 1572 und 1574 Kalender gemacht hat, dafür ist er vom Rat belohnt worden.

Nr. 43. Dem sechszehnten Bericht über die Dr. J. M. Ziegler'sche Sammlung 1893—1894 in Basel entnehmen wir, dass in einem Wandschrank des dortigen Museums die Originalkarte Gassers vom Allgau vorgefunden worden ist. Gasser wird unter dem Namen Achilles Gassarus, Doctor der

Arzney von Sebastian Münster in der Vorrede zu seiner Kosmographie unter den 20 Herren genannt, die ihm Beihilfe geleistet haben. Die erwähnte Karte ist aus unbekannten Gründen nicht zur Verwendung gekommen und so orientiert, dass Süd sich oben befindet.

Ausdehnung von Schaffhausen bis Füssen, von Memmingen bis zum Arlberg. Massstab: 1 Meile = 7,42 Km., hat hier die Länge von 23,5 mm, also Massstab 1:320000. Die Karte scheint ziemlich genau zu sein.

(Vergleiche die Notiz, wohl von Herrn Dr. R. Hotz herrührend).

Nr. 44. Im Besitz des Herrn Forstinspektor Frey, des Bruders des Herrn Bundesrat Oberst Frey, befindet sich ein Astrolabium nebst Erdkugel aus dem Jahr 1545, verfertigt von Kaspar Vopellius. Darüber habe ich in der Festschrift der Münchner geographischen Gesellschaft für das Jubiläum ihres 25jährigen Bestandes eine kleine Monographie nebst Karte und Abbildung*) geliefert.

Wir entnehmen diesem Bericht folgende Stellen:

Der Verfertiger, *Kaspar Vopellius,* wurde 1511 zu Medenbach in Westfalen geboren, war Professor der Mathematik zu Köln a. Rh. und ist bekannt als Zeichner von Land- und Fluss-Karten, als Verfertiger von Erd- und Himmels-Globen und von Astrolabien. Er ist auch Verfasser eines Opus cosmographicum, das allerdings erst lang nach seinem Tode, im Jahr 1646, in Antwerpen erschienen ist. Die Familie Frey gehörte zu den ältesten Geschlechtern der Stadt Basel, und es ist wohl anzunehmen, dass irgend einer der Vorfahren der genannten Herren von seinen Reisen nach der Handelsstadt am Rhein das Instrument nach Basel gebracht hat, wo es zufälligerweise in der Familie erhalten blieb.

Wir können das Instrument nach der astronomischen und der geographischen Seite hin betrachten.

Astronomisch unterscheiden wir:

A. Die Himmelsachse

mit 2 um 90° von einander abstehenden festen Meridianen I und II und einem beweglichen Meridian III.

Kreis I. Der Colur der Aequinoctien enthält folgende Inschriften: 1) Beim Nordpol steht auf dem Bogenstück, das zwischen dem Polarkreis liegt: Periscii circulum. Periscii (*περίσκιοι*, bei Strabo und Kleomedes) = *ringsumschattet*, heissen die *Bewohner der beiden Polarzonen*, bei welchen der Schatten nach allen Seiten hinfallen kann. 2) Zwischen Polarkreis und Wendekreis des Krebses steht: Heteroscii alterum. Heteroscii (*ἑτερόσκιοι* bei Strabo und Ptolemäus) nach *einer Seite* hin Schatten werfend, die Bewohner der beiden gemässigten Zonen. 3) Zwischen Wendekreis des Krebses und dem Wendekreis des Steinbocks: Amphiscii. Amphiscii (*ἀμφίσκιοι* bei Strabo und Oppian) *umschattet* oder *zweischattige* Bewohner. Teilstück 4) = 2); 5) = 1).

Kreis II. Der Colur der Solstitien zeigt, entsprechend den vorigen, folgende Bezeichnungen: 1) Zona frigida (kalte Zone), 2) Zona temperata (gemässigte Zone), 3) Zona torrida (dürre, heisse Zone), 4) = 2), 5) = 1).

Der um die Weltaxe bewegliche *Kreis III* zeigt auf der *einen Seite:* 1) Beim Nordpol:* Polus arcticus* (Nordpol). 2) Meridianus est in quem cum inciderit sol supra terras medios efficit dies. = Der Meridian

*) Die photographische Wiedergabe verdanke ich der Güte unseres Herrn Prof. Dr. E. Brückner.

ist derjenige (Kreis), welcher, wenn die Sonne auf ihn fällt, über den Ländern den Mittag bewirkt. 3)* Polus antarcticus** infra medias noctes** Südpol gegen Mitternacht. Dann folgt: Nox et amor vinumque nihil moderabile suadent*) (Nacht und Liebe und Wein sind keine Ratgeber zur Mässigkeit, ein Hexameter aus einer Elegie des Ovidius (Amores, Bücher der Liebe, I. 6. 59).

Auf der *andern* Seite findet sich für jeden Quadranten eine Gradeinteilung von 0 bis 90°.

B. Der Aequator mit Parallelkreisen.

*Kreis IV.** Circulus anticus a Polo coeli et zodiaci antico descriptus* Plaustrum.*

Der nördliche Kreis beschrieben um den Nordpol des Himmels und des Tierkreises.* Der Wagen* d. h. das Sternbild des grossen Bären. Der Ekliptikpol liegt auf diesem Kreis.

*Kreis V.** Caspar Vopellius Mathe* Profes* hanc sphaerum faciebat Coloniae 1545* Tropicus cancri conversio solis aestivalis.*

Kaspar Vopellius, Professor der Mathematik, machte die Kugel zu Köln 1545*. Wendekreis des Krebses, Umkehr der Sonne im Sommer.

Kreis VI. Der Aequator, er enthält die bekannten Namen der auf der Ekliptik abgebildeten Zeichen des Tierkreises mit einer Gradeinteilung jedes Zeichens von 0 bis 30°.

*Kreis VII.** Tropicus capricorni** Fata regunt orbem certa stant omnia lege longaque per certos signantur tempora cursus.*

Die Geschicke regieren die Welt, alles steht fest nach sicherem Gesetz und die langen Zeitläufte werden durch sichere Läufe bezeichnet.

Kreis VIII. Circulus antarcticus a Polo coeli et zodiaci antarctico descriptus.

Der südliche Kreis beschrieben um den Südpol des Himmels und den südlichen Pol des Tierkreises.

C. Die Ekliptik mit 3 beweglichen Breitenkreisen.

Die Ekliptik, ein breites messingenes Band um das Astrolabium herum, enthält die eigentlichen Bilder der 12 Zeichen recht kunstvoll eingraviert, und zwar die Sternstellungen jedes Zeichens selbst, wie auch das bezügliche Kalenderzeichen. Die lateinischen Namen der Zeichen, wie auch eine Gradeinteilung finden sich, wie schon angedeutet, an entsprechender Stelle auf dem Aequator. Ausserdem ist auf diesem Ekleptikbande selbst noch eine Einteilung in 360° angebracht.

Die Inschriften der drei beweglichen Breitenkreise sind von ganz besonderem Interesse. Sie bestehen jeweilen aus zwei Hexametern, denen astronomische Angaben in Prosa über die Cyklen des Saturns, der Sonne und des Mondes vorausgestellt sind. Die betreffenden Verse sind nicht antik, sondern Erzeugnisse der neueren Zeit; sie sind aber gutgemacht, ganz im Geiste des humanistischen Zeitalters.

I. Beweglicher Breiten-Kreis durch die Ekliptikpole.

Phaenon* Saturnus celi signiferum* Peragit in annis 29 diebus 162 horis 12.*

Ultima sorte senex loca possidet, ultimus auras Ambit et aeterno contristat frigore terras*.

Saturn, genannt *Φαίνων* (so wird der Planet Saturn bei den Griechen genannt, vergl. Cicero de nat. Deor. II, 20; Auson. idyll. 18, II: Martianus Capella VIII p. 287; Isidori Origines III, 70, 20) durchläuft den Sternenkreis des Himmels in 29 Jahren, 162 Tagen, 12 Stunden.

Bezüglich der Hexameter lag hier offenbar Vopellius die Stelle aus Vergil's Georgica III 278 im Sinne: — — — aut unde nigerrimus Auster Nascitur et pluvio contristat frigore caelum.

Professor Dr. H. Hagen, dem ich diese Notizen, wie auch die folgenden, verdanke, gibt die Hexameter Vopellius' so wieder:

Er, der Alte, beherrscht nach dem Schicksal die äussersten Regionen, als der Letzte durchläuft er die Lüfte und mit ewigem Frost betrübt (bescheint mit finsterem Lichte) er die Länder.

II. Beweglicher Kreis durch die Ekliptikpole.

Helios Sol totum peragrat zodiacum in 365 diebus et fere sex horis** At medios celi tractus medii aetheris oram Fons lucis sol auricomus ⏑ ⏑ — ⏑ ⏑ –. —

Die Sonne, genannt Helios, durchwandert den ganzen Tierkreis in 365 Tagen und ungefähr 6 Stunden und die Hexameter:

Aber die mittleren Striche des Himmels, die Gegend des mittleren Aethers (durchläuft) die Quelle des Lichts, die goldhaarige Sonne.

Beim zweiten Hexameter fehlt der Schluss, welcher den Begriff des Durchwandelns ausgedrückt haben muss. Es ist dies auch vollständig begreiflich, wenn man das Instrument ansieht, da gerade diese Partie, weil durch das breite Ekliptikband verdeckt, der Hand des Graveurs unzugänglich war.

III. Beweglicher Kreis durch die Ekliptikpole.

Selene* Luna signiferum absolvit in mensis spatio* Prima Deum terras glaciali sidere circum Luna meat celumque suo terit ultima curru**

(Luna) der Mond, genannt *Σελήνη*, vollendet den Sternenkreis im Verlauf eines Monats und die Hexameter:

Zuerst unter den Göttern wandelt der Mond mit eisigem Gestein um die Lande und berührt als der Letzte den Himmel mit seinem Gespann.

Von diesen drei beweglichen Kreisen, es hätten auch bloss zwei sein können, wurde der eine auf die Länge irgend eines bekannten Gestirns eingestellt z. B. des Saturns, der Sonne oder des Mondes und so zum Orientieren benutzt; der andere wurde mit irgend einem Breitenkreis zusammenfallend gemacht, dann konnte für den betreffenden Stern die Breite wie auch die Länge abgelesen werden. Der bewegliche Meridian erleichterte sehr wesentlich den Gebrauch des Instruments an jedem Ort. — — Was aber unser vorliegendes Instrument noch zu einem besonders wertvollen macht, ist seine Bedeutung für die *Kenntnisse in der Geographie zur Zeit der Reformation.*

Im Innern des Astrolabiums findet sich ein kleiner Globus, der leider etwas beschädigt ist — mit der Loupe lässt sich aber noch vieles ablesen. Der Erdglobus ist um die Erdachse drehbar und enthält als Grundlage zu den geographischen Koordinaten den Aequator, sowie 12 Meridiane, welche die Oberfläche in ebensoviele Zweiecke von je 30° einteilen, jedes Zweieck enthält am Aequator ausserdem noch eine farbige Teilung von 5 zu 5°.

Um die Bedeutung des Vopell'schen Erdglobus zu erkennen, folgen wir bezüglichen Stellen der Festschrift Kretschmers und schicken folgendes voraus:*)

Es ist bekannt, dass die Form von Süd- und Mittelamerika viel früher kartographisch festgelegt worden ist als diejenige Nordamerikas. Man konnte zwar darüber keinen Zweifel hegen, dass die Wassermasse zwischen Spanien und Indien durch eine bedeutende Landmasse, die terra firma, in zwei grosse Teile geschieden sei. So hatte man denn seit der Entdeckung *Balboas* beim Isthmus von Panama ein Mare de Nort und ein Mare de Sud. Die erstere Bezeichnung hat sich zwar nicht lange mehr aufrecht erhalten, während die letztere fast auf den ganzen stillen Ocean, soweit er damals bekannt war, angewendet wurde. Durch deutsche Kosmographen, hauptsächlich *Johannes Schöner,***) hatte sich die Auffassung und Ansicht von der Kontinentalität einer Mundus novus sehr befestigt, leider trat aber durch die Fahrt des Magalhães eine andere Wendung ein, indem man wieder anfing den Vorstellungen sich zu nähern, wie sie *Columbus* und *Vespucci* gehabt haben, nämlich, dass die auf dem Westweg erreichten Länder nichts anderes seien als das Ostgebiet von Asien mit den teilweise hypothetischen Landschaften Tomacho, Cathay und Mangi und Indien. Man hielt dafür, Brasilien, das „Presill-landt" sei höchstens 600 Meilen von Malacha entfernt und die Westküste von Südamerika ziehe sich ununterbrochen nach den indischen Halbinseln hinüber. Selbst Schöner verliess seine ursprüngliche, richtige Ansicht, indem er, hauptsächlich sich an Columbus und Vespucci anlehnend, wieder mit dem Weltbild der Alten, vorzüglich des Ptolemäus, Fühlung zu behalten suchte und nur noch drei Weltteile zuliess. *Diesen Kontinentalzusammenhang zwischen der Neuen Welt und Asien* bringt *Franciscus Monachus****) in seiner Weltkarte 1526 zum erstenmal zur Darstellung, indem er die Küste von Mexico unmittelbar in diejenige Hinterindiens übergehen lässt. Leider ist hierdurch natürlich in der Kartographie Amerikas eine rückschrittliche Periode eingeleitet worden. Dieser irrigen Auffassung folgen eine Karte in den *Sloane-Manuscripten* der Bibliothek des British Museums, eine Karte des *Orontius Finaeus*,†) 1531, und ganz besonders der sogenannte *Nancy-Globus,* so geheissen, weil ihn Karl V. der Kirche in Nancy geschenkt hat, und der sich nun in der dortigen Stadtbibliothek befindet. *Hier ist nun auch das Astrolabium Caspar Vopells mit seinem Erdglobus von 1545 einzureihen.* Nun zeigt sich nach einer Text-Notiz im Facsimile-Atlas von A. S. Nordenskiöld p. 83, dass sich im altnordischen Museum zu Kopenhagen noch ein ähnliches Exemplar befindet.

Das Kopenhagener Exemplar ist allerdings zwei Jahre älter als das Berner Exemplar, immerhin geht so viel hervor, dass unser vorliegendes Astrolabium nichts anderes ist, als ein zweites verbessertes Exemplar der Armillarsphäre, welche sich im altnordischen Museum zu Kopenhagen befindet. Es zählt einen Kreis mehr — nämlich 12 Messingringe — als das

*) Dr. Konrad Kretschmer: Die Entdeckung Amerikas etc., vide pg. 400 u. ff.

**) Vgl. s. Globus in Kretschmer, Atlas zur Festschrift, Tafel XIII. (Original auf der Stadtbibliothek Nürnberg.)

***) Vgl. s. Globus in Kretschmer, Atlas zur Festschrift, Tafel XVIII, Nr. 2.

†) Vgl. den A. E. Nordenskiöld Facsimile-Atlas Nr. XLI.

Kopenhagener Exemplar, auch die Autorinschrift ist etwas verändert, indem, statt der Heimat Vopellius', sein Amt als Professor Mathem. angegeben ist, im wesentlichen stimmen aber beide Instrumente überein. Dies lässt sich dadurch leichter beurteilen, weil A. E. Nordenskiöld in seinem Atlas, Tafel XL, eine Abbildung des Erdglobus im Kopenhagener Astrolabium gibt, indem er die 12 Zweiecke desselben mit ihrem Inhalt reproduziert. In den Dimensionen können die beiden Exemplare ganz gut übereinstimmen, da beim Kopenhagener Exemplar der Umfang eines Grosskreises ca. 22 cm, beim Berner Exemplar ca. 21—22 cm, bei 0,67—0,68 dm Kugeldurchmesser beträgt. Eine kartographische Vergleichung ergibt in Bezug auf Auffassung durchaus Uebereinstimmung, in Bezug auf die Legende aber einige kleine Abweichungen bald zu Gunsten des einen, wie des andern Exemplars. Wir haben versucht, in Mercator's Projection den Inhalt des Berner Globus möglichst wiederzugeben, indem wir, mit der Loupe bewaffnet, nur diejenigen Namen verzeichneten, die sich noch mit einiger Sicherheit ablesen liessen. Fast jeder Name ist wie beim Kopenhagener Exemplar im Anfang in roter Farbe geschrieben, während der Schluss mit schwarzer wiedergegeben ist, und beim Aequator scheinen von 5 zu 5° rot und gold abzuwechseln, so dass man fast glauben könnte, das Astrolabium sei noch mit dem Luxus einer gewissen feineren Ausstattung versehen gewesen. Die Wiedergabe des Berner Exemplars ist deshalb leider mit kleinen Schwierigkeiten verbunden gewesen, weil die Zeichnung auf der nördlichen Hemisphäre stark verwischt und zum Teil beschädigt ist, während diejenige auf der südlichen Hemisphäre noch recht gut erhalten ist. Wir können natürlich nicht auf alle Details eintreten und verweisen in dieser Beziehung auf die in der Festschrift der Münchner geogr. Gesellschaft gegebene Skizze und wollen nur einige Thatsachen hervorheben:

1. Der Kontinentalzusammenhang zwischen der neuen Welt und Asien.

2. Der Name Amerika findet sich infolgedessen nur für Südamerika, dessen Form im grossen und ganzen recht ordentlich wiedergegeben ist.

3. Auch Mittelamerika ist ordentlich wiedergegeben, insbesondere findet sich die Meerenge nicht, welche noch in der Karte von *Franciscus Monachus* 1526 beim Isthmus von Panama angegeben ist.

4. Bezüglich der alten Welt steht Vopellius hauptsächlich auf dem Boden der Ptolemäischen Darstellung; das sieht man besonders, um nur einige Belege anzuführen, am Nil und seinen Quellen, an der Lage von Taprobanes und Zanzibar etc. etc.

Der *nämlichen Auffassung des Kontinentalzusammenhanges* huldigen noch *Jacopo Gastaldi* in seiner Karte der Ptolemäusausgabe von 1548, ferner *Battista Agnese* in seinem Atlas (1557—1559), der sich in der Universitätsbibliothek befindet, ferner natürlich *Vopellius* selbst in einer Karte, welche *Hieron. Girava* in seinen Dos libros de Cosmographia, Milan 1556, gibt, ferner eine Karte von *Forlani* von 1560 im British Museum, die Karte von *Joh. Honterus* 1561 in «de Cosmographiae rudimentis», ferner die Karte des *Georgio Sideri,* genannt *Callopago von Candia**) aus dem Jahr 1563, der eiserne Globus des *Franciscus Bassus Mediolanensis* 1570, der sich auf der Universitätsbibliothek Turin befindet. Da die

*) Kretschmer Atlas, Tafel XXII.

nämliche Anschauung noch durch eine Karte des *Joh. Myritius**) 1590 vertreten ist, so sehen wir, dass die Idee des Kontinentalzusammenhanges zwischen der neuen Welt und Asien noch bis ans Ende des XVI. Jahrhunderts ihre Anhänger aufweist, ja es ist gerade unerklärlich, wie die Karte des *Battista Caloiro e Oliva***) im Jahr 1673 noch diesen fundamentalen Irrtum des Entdeckers Amerikas enthalten konnte.

---

*) Nordenskiölds Facsim.-Atlas, Tafel XLIX.
**) Kretschmer Atlas, Tafel XVIII, Nr. 4.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite der Sitzungsberichte	Seite der Abhandlungen
Jahresbericht pro *1893/94*	III	
Auszug aus der Jahres-Rechnung pro 1893 . . .	XXIV	
Mitgliederverzeichnis	XIX	
Baltzer A., Prof. Dr.,		
Über die Wüste und den Atlas bei Biskra . .	XVI	
Ist das Linththal eine Grabenversenkung? (Figur im Text.)		267
Baumberger E., Sekundarlehrer in Twann,		
Über die geologischen Verhältnisse am linken Ufer des Bielersees. (Mit 1 Karte und 1 Tafel.) . .		150
Bochicchio,		
Über eine neue, Blähung der Käse erzeugende Hefeart	XI	
Brückner E., Prof. Dr.,		
Über das japanische Erdbeben vom 28. Oktober 1891	XII	
Einfluss der Schneedecke auf das Klima von Davos	XVIII	
Dutoit, Dr. med. und Docent,		
Höhle von Reclère	XVIII	
v. Fellenberg E., Dr. phil.,		
Demonstration von Meteoriten	X	
Pflanzenabdrücke aus dem Carbon von Rondchamp .	XVIII	
Fischer E., Prof. Dr.,		
Resultate einiger neuerer Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Rostpilze . . .	XIII	
Fischer L., Prof. Dr.,		
Demonstration von Asteriscus pygmaeus . . .	XVI	
v. Freudenreich E., Dr. phil.,		
Über die Bitterkeit der Käse und Bakterien, welche dieselbe hervorrufen	VII	
Frey H., Dr. phil., Gymnasiallehrer und Docent,		
Über künstliche Seide (Holzseide)	XVII	
†*Glur J. G.*, Dr. phil.,		
Schaf und Ziege in den Pfahlbauten	X	
Beiträge zur Fauna der Pfahlbauten. (Mit Tafeln.) .		1
Graf J. H., Prof. Dr.,		
Nekrolog von Prof. Rud. Wolf.	VII	
Demonstration einiger alter astronomischer Instrumente, namentlich Sonnenuhren	XVII	
Neue Sonnenuhr	XVIII	
Geschichte der Bibliothek der schweiz. und bern. Naturforschenden Gesellschaft		275
Notizen zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften in der Schweiz . . .		288

	Seite der Sitzungsberichte	Seite der Abhandlungen
Huber G., Prof. Dr.,		
Über Sternschnuppen und Meteorite	IX	
Über Meteorströme und die Bedeutung der Meteore im Weltraume	X	
Sternschnuppen und Meteorite. (Mit Figuren im Text.)		57
Kissling E., Dr. phil., Sekundarlehrer und Docent,		
Das Kohlenlager von Frienisberg	XVII	
Kronecker H., Prof. Dr.,		
Einiges über die Bergkrankheit	XVIII	
†*Meisterhans*, Prof. Dr., in Solothurn,		
Die Entwicklung Solothurns in historischer Zeit	XV	
Rossel, A., Prof. Dr.,		
Über Papier und Papierprüfung	VII	
Neue Methoden zur Darstellung des Phosphors aus den Phosphaten der Alkalien und alkalischen Erden mittelst Aluminium als Reduktionsmittel	XV	
Neue pflanzliche Parasiten der Weinrebe und ihre Bekämpfung	XV	
Schmidt, F. W., Dr. phil., Assistent und Docent,		
Die Entwicklungsgeschichte des periodischen Systems	XV	
Sidler G., Prof. Dr.,		
Demonstration eines Stückes eines verkieselten Baumstammes aus Arizona	XVIII	
Stähli F., Dr. phil., Gymnasiallehrer in Burgdorf,		
Die Cylinderfokalen. (Mit Tafeln.)		102
Steck Th., Dr. phil., Conservator,		
Zur Biologie des Moosseedorfsees	XII	
Demonstration südamerikanischer Schmetterlinge	XII	
Studer-Steinhäuslin B., Apotheker,		
Walliser Hymenomyceten	XV	
Studer Th., Prof. Dr.,		
Über die Tiefseefauna im pacifischen Ocean	X	
Die Renntierstation des Schweizerbild bei Schaffhausen	XV	
Anpassungserscheinungen der Wüstentiere	XVI	
Hyotherium Meisneri von der Rappenfluh bei Aarberg, von Aarwangen und Brüttelen	XVIII	
Thiessing, Dr. phil.,		
Einiges über Kohlenlager im Kanton Bern	XVI	
Tschirch A., Prof. Dr.,		
Jahresbericht 1893/94	III	
Über den Ort der Harzbildung bei der Pflanze	XII	
Schutzmittel der Wüstenpflanzen gegen zu starke Insolation und Transpiration	XVI	
Gedächtnisrede auf Prof. F. A. Flückiger	XVIII	
Wagner C., Dr. phil., in Zürich,		
Beiträge zur Entwicklung der Bessel'schen Funktion I. Art		204

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft. (Redaktion: Dr. Ed. Fischer, Bern.)
Heft I (1891), 176 Seiten 8°, broch., mit 3 lithogr. Tafeln. Fr. 4. —
Heft II — IV (1892 — 1894) à Fr. 3. —

Daraus einzeln:

Christ, Dr. H., Kleine Beiträge zur Schweizerflora . . . Fr. —. 60
Cramer, Prof. Dr. C., Ueber das Verhältniss von Chlorodictyon foliosum und Ramalina reticulata . . . . . Fr. 2. —
Früh, Dr. J., Der gegenwärtige Standpunkt der Torfforschung Fr. —. 60
Schinz, Dr. Hans, Potamogeton Javanicus Hassk und dessen Synonyme Fr. —. 60
Christ, Dr. H., Les différentes formes de Polystichum aculeatum (L. sub Polypodio), leur groupement et leur dispersion, y compris les variétés exotiques . . . . . Fr. —. 60
Amann, J., Contributions à la flore bryologique de la Suisse Fr. —. 60
Jäggi, J., Prof., Der Ranunculus bellidiflorus des Joh. Gessner Fr. 1. —
v. Tavel, Dr. F., Bemerkungen über den Wirthwechsel der Rostpilze Fr. —. 60
Fischer, Dr. Ed., Die Sklerotienkrankheit der Alpenrosen. (Sclerotina Rhododendri). Fr. —. 60
Schröter, C., Neue Pflanzenreste aus der Pfahlbaute Robenhausen. Fr. —. 60
Buser, R., Zur Kenntniss der schweizerischen Alchimillen. Fr. —. 60
Ammann, J., Woher stammen die Laubmoose der erratischen Blöcke der schweizerischen Hochebene und des Jura? Fr. —. 60
Christ, Dr. H., Betula Murithii Gaud. Fr. —. 60
Chodat, R. und **J. Huber,** Recherches expérimentales sur le Pediastrum Boryanum. Fr. —. 60

Leist, K., Ueber den Einfluss des alpinen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Mit 2 lithographischen Tafeln Fr. 1. —
Studer, B. jun., Beiträge zur Kenntniss der schweizerischen Pilze. A. Wallis. Mit einem Nachtrag von Dr. Ed. Fischer und 2 lithographischen Tafeln . . . . . Fr. 1. —
Kissling, Dr. E., Die versteinerten Thier- und Pflanzenreste der Umgebung von Bern. Excursionsbüchlein für Studirende. Fr. 4. —
Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern 1888—1893, per Jahr Fr. 8. —

Durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

Graf, J. H., Prof. Dr., Einleitung in die Theorie der Gammafunktion und der Euler'schen Integrale. Fr. 2. —

— — Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften in bernischen Landen vom Wiederaufblühen der Wissenschaften bis in die neuere Zeit. Heft 1—3. Fr. 7.20

— — Das Leben und Wirken des Physikers und Geodäten Jacques Barthélemy Michell du Crest aus Genf, Staatsgefangenen des alten Bern, 1740—1766. Mit dem Portrait Michell's, einer Ansicht seines Gefängnisses in Aarburg und dem Facsimile seines Panorama der Alpen. Fr. 3. —

— — Das Leben und Wirken des Physikers und Astronomen Joh. Jak. Huber aus Basel, 1758—1798. Mit dem Bildnisse Huber's und einer Tafel, seine freie Uebersetzung darstellend. Fr. 1. —

— — Professor Dr. Rudolf Wolf. 1816—1893. Fr. 1.

Huber, G. Prof. Dr., Forschungen auf dem Gebiete der Spektral-Analyse. 80 Cts.

Baltzer, A., Prof. Dr., Vom Rande der Wüste. Mit 3 Lichtdruck-Tafeln. Fr. 1. 50

Bützberger, Dr. F., Kurzer Lehrgang der ebenen Trigonometrie mit vielen Aufgaben und Anwendungen. Cart. Fr. 1. 50

Lauterburg, Robert, Ueber den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz. Fr. 1. 20

— — Die schweizerischen Wasserkräfte, eingetheilt in grössere und kleinere Stromsektionen und berechnet nach der durchschnittlichen Wassermenge der Klein- und Mittel-Wasserstände. Fr. 4. —

Bentell, A., Die Niveau-Schwankungen der dreizehn grössern Schweizer-Seen im Zeitraume der 20 Jahre 1867 bis und mit 1886. 80 Cts.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

OCT 1 1897

Mittheilungen

123

über

Naturforschenden Gesellschaft in Bern

aus dem Jahre 1895.

Nr. 1373—1398.

Redaktion: J. H. Graf

BERN.
Druck und Verlag von K. J. Wyss.
1896.

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

Bibliographie

der

Schweizerischen Landeskunde.

Unter Mitwirkung

der

hohen Bundesbehörden, eidgen. und kant. Amtsstellen

und zahlreicher Gelehrter

herausgegeben von der

Centralkommission für schweizerische Landeskunde.

In deutscher und französischer Ausgabe

Bis jetzt erschienen:

Fascikel Ia: *Bibliographische Vorarbeiten der landeskundlichen Litteratur und Kataloge der Bibliotheken der Schweiz.* Zusammengestellt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1894. 69 Seiten 8°. Preis Fr. 1.—

Fascikel II a: *Landesvermessung und Karten der Schweiz, ihrer Landstriche und Kantone.* Herausgegeben vom eidgen. topographischen Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1892. 193 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel II b: *Karten kleinerer Gebiete der Schweiz.* Herausgegeben vom eidg. topograph. Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1892. 164 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel II c: *Stadt- und Ortschaftspläne, Reliefs und Panoramen der Schweiz.* Herausgegeben vom eidg. topograph. Bureau. Redigirt von Prof. Dr. J. H. Graf. Bern 1893. 173 Seiten 8°. Preis Fr. 3.—

Fascikel IV b: *Die Fauna der italienischen Schweiz.* Redigirt von Prof. Dr. A. Lenticchia. Como 1894. 19 Seiten 8°. Preis 50 Cts.

Fascikel IV 6: *Fauna helvetica.* Heft 4: Vögel. Zusammengestellt von Prof. Dr. Theophil Studer. Bern 1895. 57 Seiten 8°. Preis Fr. 1.—

Fascikel V 4: *Heraldik und Genealogie.* Bearbeitet von Jean Grellet und Maurice Tripet. Bern 1895. 68 Seiten 8°. Preis Fr. 1. 50

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlags.)

Durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Ludwig Schläfli Prof.

Mittheilungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in Bern

aus dem Jahre 1895.

Nr. 1373-1398.

Redaktion: J. H. Graf.

BERN.
Druck und Verlag von K. J. Wyss.
1896.

OCT 1 1897

Jahresbericht

über die

Thätigkeit der Bernischen Naturforschenden Gesellschaft

in der Zeit vom 1. Mai 1894 bis 30. April 1895.

Hochgeehrte Herren!

Das vergangene Vereinsjahr hat einen ganz normalen Verlauf zu verzeichnen. Es wurden im Ganzen 14 Sitzungen abgehalten, an denen sich folgende Herren durch Vorträge, kleinere Mittheilungen oder Vorweisungen betheiligt haben: H. H. Baltzer (2), Brückner (3), Coaz (1), Dutoit (1), Epstein (1), E. v. Fellenberg (3), Ed. Fischer (1), L. Fischer (4), v. Freudenreich (1), H. Frey (2), Graf (2), G. Huber (1), Kissling (3), Kronecker (1), Meisterhans (Solothurn) † (1), Rossel (2), F. W. Schmidt (1), S. Schwab (1), Sidler (1), Th. Steck (1), B. Studer jun. (1), Th. Studer (4), Thiessing (1), Tschirch (4), Zeller (1). Diese Mittheilungen vertheilen sich auf die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disciplinen wie folgt: Mineralogie, Geologie, Paläontologie 16, Botanik 9, Physik 4, Chemie 3, Zoologie 3. Klimatologie, Hydrographie 3, Mathemathik, Astronomie 2, Physiologie 1, Philosophie 1.

Die Sitzungen fanden im Saale des Gasthofs zum Storchen und während der Renovirung desselben im pharmaceutischen Institut statt, dessen Auditorium uns von Herrn Prof. Tschirch gütigst zur Verfügung gestellt wurde. Fast schien es als ob im Hörsaale die Frequenz der Sitzungen im Allgemeinen eine grössere sei als im Gasthofe; sollte sich dies wirklich bestätigen, so müsste ernstlich an Verlegung sämmtlicher Sitzungen dorthin gedacht werden.

Eine auswärtige Versammlung wurde am 17. Juni in Solothurn abgehalten, wo uns die dortige naturforschende Gesellschaft und deren Präsident Herr Prof. F. Lang einen herzlichen Empfang zu Theil werden liessen. In der Sitzung im Kantonsrathssaale sprach Herr Prof. Th. Studer über die von Dr. Nüesch entdeckte Rennthierstation zum Schweizersbild bei Schaffhausen, Herr Prof. Rossel über eine neue Methode zur Darstellung von Phosphor und Herr Prof. Meisterhans entrollte uns ein Bild von der Entwicklung der Stadt Solothurn in historischer Zeit. Ein Spaziergang am Nachmittag galt den Steinbrüchen, nachdem wir schon Vormittags im naturhistorischen Museum die reichen dort erbeuteten Schätze an Fossilien, besonders die prachtvollen Schildkröten, bewundert hatten.

Im Laufe des Sommers veranstaltete ferner die Gesellschaft eine Excursion in's Schwarzwasserthal, dagegen wurde im vergangenen Winter darauf verzichtet das Jahresfest durch ein Essen zu feiern, da im Vorjahre die Betheiligung zu schwach gewesen war.

Besonderes Interesse hat je und je die naturforschende Gesellschaft der Erhaltung grösserer und interessanterer erratischer Blöcke zugewendet und so wurde auch im verflossenen Jahre auf Antrag von Herrn Prof. L. Fischer ein bemerkenswerther Gneissfündling im Steinhölzli bei Obergurzelen (Amt Seftigen) um den Preis von Fr. 20 von der Burgergemeinde Gurzelen käuflich erworben und dem naturhistorischen Museum übergeben.

Der mit der Buchdruckerei Wyss im Jahre 1887 abgeschlossene Druck- und Verlagsvertrag für die „Mittheilungen" wurde einer Revision unterzogen, durch die der Gesellschaft eine grössere Zahl von Tausch-Exemplaren zur Verfügung gestellt werden. — Um unsern Publikationen mehr artistische Beilagen geben zu können, hätten wir gerne einen regelmässigen jährlichen Staatsbeitrag erwirkt. Ein solcher konnte zwar nicht erlangt werden, dagegen ermuthigte uns die Erziehungsdirektion in zuvorkommender Weise dazu, in einzelnen vorkommenden Fällen bei ihr um Gewährung eines ausserordentlichen Beitrages einzukommen. Es wurden uns denn auch im verflossenen Jahre Fr. 250 zur Herstellung der geologischen Karte der Umgebung von Twann (Arbeit des Herrn Baumberger) ausbezahlt und weitere 250 Fr. als Beitrag zur Veröffentlichung des geologischen Querprofils durch die Centralalpen (von Herrn Dr. R. Zeller) zugesichert, wofür wir an dieser Stelle unsern besten Dank aussprechen.

Ueber den Lesezirkel berichtet der Geschäftsführer, Herr Dr. Th. Steck: „Die Zahl der Theilnehmer am Lesezirkel ist gegenüber dem Vorjahre um sechs zurückgegangen und beträgt deshalb nur noch 30. Zu den bisher gehaltenen Zeitschriften wurde die in monatlichen Nummern erscheinende Revue biologique du Nord de la France, die der Gesellschaftsbibliothek im Tauschverkehr zukommt, beigefügt. — Begreiflicher Weise haben die bereits seit sechs Jahren zirkulirenden Mappen ziemlich gelitten und müssen fast regelmässig vom Geschäftsführer zur Reparatur gegeben werden, wodurch der Gesellschaft nicht unbedeutende Kosten erwachsen. Es wird sogar in nächster Zeit an eine theilweise Ersetzung der Mappen gedacht werden müssen. — Während eine ganze Reihe von Theilnehmern sich eine regelmässige Weiterexpedition der Mappen zur Pflicht macht, sind bedauerlicher Weise Andere in dieser Hinsicht weniger pünktlich. Ja es hat sich einer der Theilnehmer soweit vergessen, dass er während annähernd eines halben Jahres trotz wiederholter Mahnungen die Mappen zurückbehielt und desshalb durch Beschluss der Gesellschaft von der Liste gestrichen und ausserdem mit einer Busse belegt wurde. Die dadurch herbeigeführte Störung hatte leider Austritte von Mitgliedern zur Folge und macht sich zudem für alle Theilnehmer durch einen 8wöchentlichen Ausfall der Mappen fühlbar. Im Hinweise darauf sollten sich alle Theilnehmer mit Rücksicht auf ihre Kollegen einer strengen Befolgung des Reglements befleissen."

Die Zahl der Mitglieder der Gesellschaft hat im verflossenen Jahre um sechs abgenommen. Zwar sind sieben Mitglieder neu aufgenommen worden, aber dem gegenüber stehen acht Austritte, und fünf Mitglieder sind uns durch den Tod entrissen worden, nämlich die Herren Dr. Christeller

in Bordighera, Schwarz-Wälly, Prof. Johann Markusen, Dr. G. Glur, der noch im letzten Hefte unserer Mittheilungen seine Erstlingsarbeit veröffentlicht hatte, und Prof. F. A. Flückiger, der vor seiner Berufung nach Strassburg und seit seiner Rückkehr nach Bern stets rege an unsern Sitzungen theilgenommen hat und mehrere seiner Arbeiten in den Mittheilungen veröffentlichte. Die Gesellschaft legte einen Kranz auf seinen Sarg und in der Sitzung vom 22. Dezember führte uns Herr Prof. Tschirch in einem eingehenden Nekrolog das Leben und die hohen wissenschaftlichen Verdienste des Verstorbenen vor Augen.

Für das Vereinsjahr 1895/96 wurde zum Präsidenten gewählt Herr Prof. G. Huber, zum Vicepräsidenten Herr Prof. Th. Studer.

Der abtretende Präsident:

Ed. Fischer.

Sitzungs-Berichte.

883. Sitzung vom 26. Januar 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 21 Mitglieder und 2 Gäste.

Herr J. R. Zeller: **Ein geologisches Querprofil durch die Centralalpen.** (Siehe die Abhandlungen.)

884. Sitzung vom 2. Februar 1895.

Abends 7½ Uhr im pharmac. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 16 Mitglieder und 2 Gäste.

1. Herr Ed. Brückner: **Hydrometrische Untersuchungen an der Rhone.**
2. Herr S. Epstein: **Erkenntnisstheorie und exakte Wissenschaft.**

885. Sitzung vom 16. Februar 1895.

Abends 7½ Uhr im pharmac. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend 24 Mitglieder und 2 Gäste.

1. Herr Th. Studer: **Hirschformen und schweineartige Thiere unserer Molasse.**
2. Herr Coaz: **Die Gletscherbewegung im Jahr 1894.**

Herr Coaz berichtet über die Gletscher-Beobachtungen in den schweizerischen Alpen im Jahre 1894 durch das schweizerische Forstpersonal.

Er erwähnt zunächst die Chronik des Herrn Prof. Forel in Morges über die «variations périodiques des glaciers» in den letzten Jahresberichten des S. A. C., hebt die Unvollständigkeit der Angaben hervor, welche dem Verfasser hierbei zur Verfügung stunden, und bemerkt, dass Herr Forel 1892 die in Basel versammelt gewesene schweizerische naturforschende Gesellschaft veranlasste, ihr Central-Organ zu beauftragen, Schritte bei den eidgenössischen und kantonalen Behörden zu thun, damit Beobachtungen über die Bewegungen der Gletscher stattfinden.

Diese Anregung hat zur Folge gehabt, dass das betr. kantonale Forstpersonal beauftragt worden ist, fragliche Beobachtungen vorzunehmen, wozu ihm das eidgenössische Oberforstinspektorat die erforderliche Instruktion und Tabellen zu den Eintragungen übermittelte. Letzteres hat die Leitung der Beobachtungen und Zusammenstellung derselben übernommen. Theils 1893, theils 1894 sind 68 Stationen eingerichtet worden. 1894 haben an 55 derselben Beobachtungen stattgefunden, welche ergaben, dass die Gletscherenden an 38 Stationen noch im Rückgang begriffen sind, an 5 Stationen haben sie sich nicht verändert, an 12 vorgestossen.

Nach Ansicht des Vortragenden sollten noch circa 20 Gletscherenden-Stationen errichtet werden, um das Beobachtungsnetz zu vervollständigen.

Baltzer hält die Beobachtungen am Ende der Gletscherzunge für ungenügend, um die Vor- und Rückwärtsperioden der Gletscher festzustellen. Es sind hierfür auch Marken an den seitlichen Felswänden weiter oben anzubringen, um damit die Niveauveränderungen der Oberfläche im ganzen Bereich der Zunge zu bestimmen. Seine am unteren Grindelwald-Gletscher zusammen mit Herrn Secundarlehrer Stump angestellten Beobachtungen (Fixpunkte beim Raufbodenband und der Bäregg) ergeben, dass der Gletscher seit 1892 an Masse stetig zurückging, nicht vorwärts ging, oder nach Herrn Coaz's mündlicher Angabe stationär blieb. Der Schluss aus der Veränderung der äussersten Gletscherzunge kann, weil unter Umständen auf lokalen Einflüssen beruhend, trügen.

Ueber den oberen Grindelwaldgletscher existiren leider keine Beobachtungen über Oberflächenniveau, daher die Angaben in Forel's „Rapport" über Vorwärtsgehen dieses Gletschers zweifelhaft erscheinen. Sie beruhen aber auch nur auf dem Vorschreiten des unteren Zungenrandes. Dass der Gletscher seit einigen Jahren etwas aufwühlte, erklärt sich durch den winterlichen Vorstoss und ist noch kein Beweis für wirkliches Vorrücken.

886. Sitzung vom 2. März 1895.

Abends 7½ Uhr im pharmac. Institut.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 36 Mitglieder und Gäste.

1. Herr Ed. Brückner: **Demonstrationen mit dem Projectionsapparat des Hochschulvereins.**
2. Herr A. Baltzer: **Sinterbildungen von Hammam Meskoutine.**
3. Herr A. Tschirch: **Vegetationsbilder aus den Tropen.**
   Photographie des ultravioletten Spektrums.

887. Sitzung vom 16. März 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 18 Mitglieder.

Herr G. Huber: **Ueber die Erweiterung des infrarothen Sonnenspektrums und über die Photographie der Strahlen kleinster Wellenlängen.**

I. P. Langley auf dem Alleghany-Observatorium gelang es, das Bolometer und seine Nebenapparate (automatische Methode) so zu vervollkommnen, dass dasselbe noch genau Temperaturschwankungen angiebt, die kleiner sind, als ein Millionstel Celsiusgrad. Vermittelst dieses Apparates gelang es ihm, das infrarothe Sonnenspektrum bis zur Wellenlänge 6 μ zu verfolgen. Es wurden in diesem Bereich über 2000 neue dunkle (inaktive) Linien gefunden.

Die Photographie der äussersten ultravioletten Strahlen wurde nach mehrjährigen Versuchen von Victor Schumann in Leipzig ausgeführt. Seine Resultate sind nach seinen Berichten an die Wiener Akademie vom Jahre 1893 und nach persönlichen Mittheilungen kurz folgende:

Durch Anwendung eines evacuirten Spektralapparates, von eigens präparirten photographischen Platten mit reinem Silberhaloïdüberzug und durch Anwendung von farblosem Flussspath statt Quarz für den optischen Theil seines Apparates, gelang es Schumann, das ultraviolette Spektrum über die bis zum Jahre 1890 als äusserste bekannte Aluminium-Doppellinie N32 ($\lambda = 186$ und 185,2 $\mu\mu$) hinaus um eine Strecke zu verlängern, die etwa $2^1/_2$ mal so lang ist, als die Strecke zwischen den Linien Hβ bis Al. N32. Am weitesten lässt sich das ultraviolette Spektrum des Wasserstoffs verfolgen. Dasselbe schliesst mit einer Linie ab, deren Wellenlänge von Schumann auf 100 $\mu\mu$ geschätzt wird. Die Untersuchungen werden noch fortgesetzt.

888. Sitzung vom 30. März 1895.

Abends $7^1/_2$ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 20 Mitglieder und 1 Gast.

1. Herr H. Frey: **Vorweisung von Calcitkrystallen aus dem Lötschenthal und Baltschiederthal.**

a. Schön ausgebildete normale Rhomboeder mit einem feinen Chloritüberzug.

b. Gelblich aussehende Krystalle, zwei Skalenoeder in Combination, zeigend $\frac{2}{5}$ R 2 . R 2.

c. Krystallplatten nach der Basisfläche entwickelt, häufig von feinen Asbestfasern durchwachsen. Die oR-Fläche zeigt stellenweise feine Aetzstreifen, die sich unter einem Winkel von 60° schneiden.

d. Aus dem Baltschiederthal liegen Krystalle vor, welche mit dem Anlegegoniometer noch als von R u. R 3 umschlossen erkannt werden, aber die Kanten sind fast sämmtlich abgerundet, so dass die Krystalle eine mehr oder weniger ellipsoidische Form zeigen.

e. Aehnlich verhalten sich die vorliegenden sogenannten Calcittropfen, welche sehr stark gerundete Krystalle von der Form $\frac{2}{5}$ R 2 u. R darstellen.

2. Herr Ed. Fischer gibt an der Hand seiner eigenen Untersuchungen (Denkschriften der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft Band 32 I. 1890 und Band 33 I. 1893) und derjenigen Alfred Möllers (Brasilische Pilzblumen, Jena 1895) einen Ueberblick unserer gegenwärtigen Kenntnisse über die merkwürdige **Pilzgruppe der Phalloideen.** Er bespricht die wichtigsten Formen derselben, die von Möller an lebenden Exemplaren verfolgten Streckungsvorgänge des Receptaculums, sodann die jüngern Stadien der Fruchtkörperentwicklung von Clathrus cancellatus und Mutinus caninus. Trotz der grossen Gleichartigkeit, welche die einzelnen Formen der Phalloideen zeigen, müssen wir nach gegenwärtigen Kenntnissen bei denselben zwei Reihen unterscheiden, die durch keine Uebergänge verbunden sind und welche verschiedene Ausgangspunkte besitzen. Die erste derselben wird gebildet durch die Clathreae, deren Anschluss nach unten nach Rehsteiner's Untersuchungen (Botanische Zeitung 1892, Nr. 47—52: Berner Dissertation) bei der Hymenogastree Hysterangium zu suchen ist. Dieser Anschluss hat eine sehr schöne Be-

stätigung gefunden dadurch, dass Möller in Protubera eine Zwischenform entdeckt hat, welche man einfach als receptaculumlosen Clathrus bezeichnen kann. Die zweite Reihe stellen die Phalleae dar, deren Ausgangspunkt vielleicht bei der Hymenogastree Hymenogaster liegt.

3. Herr E. v. Fellenberg: **Vorweisung einiger neuer Acquisitionen des naturhistorischen Museums**, worunter namentlich hervorzuheben, das neue Mineral aus Allchar (Macedonien), welches mit Realgar vergesellschaftet vorkömmt und ein *Thallium Arsen-Sulfur* ist, nach der Formel Tl As S_4. Es krystallisirt in starkglänzenden bräunlichrothen Krystallen, anscheinend des hemirhombischen oder monoklinen Systems. Es wurde *Lorandit*, neuerdings als neu beschrieben von Krenner in Budapest, benannt. Referent hat noch nirgends eine Beschreibung oder Notiz über dieses Mineral gelesen, es scheint in Freiberg analysirt und beschrieben worden zu sein. Ferner liegen vor 2 prächtig krystallisirte Realgar von Allchar, blättriger Auripigment eben daher, ferner *Stromeyerit* (Silberkupferglanz) aus Tasmanien, gestrecktes Wismut (Schneeberg) und ein eigenthümlich stalaktitisch und röhrenförmig gestaltetes Erz (anscheinend Antimonit) von Poopó in Peru, welches *Kylindrit* genannt wird.

4. Herr E. Kissling weist einige für die **marine Molasse des Belpberges** neue Arten vor:

Lima hians Gmel.,	Marbachgraben,	unter dem Cardienlager, häufig.
Lima inflata Chemn.,	„	Cardienlager.
Avicula Crossei Mayer.,	„	Tapeslager.
Pinna Brocchii d'Orb.,	„	Cardienlager, ein besonders schönes und grosses Stück.
Leda spec.	„	in den blauen Mergeln.
Nucula Mayeri Hörnes,	Hohburg,	häufig.
Lutaria latissima Desh.,	Marbachgraben,	Tapeslager.
Murex subasperrimus d'Orb.,	„	Cardienlager.
Pleurotoma excavata Bell.,	„	„
Ficula Burdigalensis Sow.	„	„

889. Sitzung vom 20. April 1895,

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr Ed. Fischer. Anwesend: 10 Mitglieder und 1 Gast.

1. Wahlen: Zum Präsidenten für das Vereinsjahr 1895/96 wird gewählt: Herr Prof. Dr. G. Huber.

   Zum Vicepräsidenten: Herr Prof. Dr. Th. Studer.

2. Herr E. Kissling: **Klippen, Chablaiszone und bunte Nagelfluh.**

3. Herr L. Fischer: **Demonstration einer Sammlung ausländischer Moose.**

Excursion am 15. Mai 1895

zur Besichtigung des erratischen Blockes bei Gurzelen.

890. Sitzung vom 25. Mai 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr G. Huber. Anwesend: 19 Mitglieder.

1. Herr Ed. Fischer. **Neuere Untersuchungen über Rostpilze.**

Prof. Ed. Fischer hat seit den im letzten Jahre mitgeteilten Resultaten[1]) eine Reihe **weiterer Infektionsversuche mit Rostpilzen** angestellt, welche folgendes ergaben:

Seit langer Zeit kennt man auf *Chrysanthemum Leucanthemum* ein Aecidium (*Aec. Leucanthemi* DC.), dessen Teleutosporen bis heute unbekannt geblieben sind. Es ist dasselbe in unseren Voralpen nicht gerade selten; Vortragender beobachtete es z. B. häufig in der Nähe von Isenfluh im Berner Oberland, an derselben Stelle, wo auch die Aecidien auf *Centaurea montana* und *Cent. Scabiosa* vorkommen. Gestützt auf einige an Ort und Stelle gemachte Wahrnehmungen wurden im Juni 1894 Aecidiosporen dieses Pilzes auf *Carex montana* ausgesät; im Juli traten auf letzterer Uredo- und später Teleutosporenlager einer *Puccinia* auf. Diese wurden überwintert und dienten diesen Frühling zu einem Infektionsversuch auf *Chrysanthemum Leucanthemum*. Letzteres ist nun gegenwärtig sehr reichlich mit Spermogonien besetzt und trägt auch schon einige Aecidien. In einem anderen, etwa 14 Tage früher eingeleiteten Versuche wurden auf *Chrysanthemum Leucanthemum* reichliche Spermogonien und Aecidien erzielt durch Infektion mittelst Teleutosporen von *Carex montana*, welche in Isenfluh im Herbst 1894 an der Stelle gesammelt worden, wo im vorangegangenen Sommer *Chrysanthemum*-Aecidien aufgetreten waren. Das *Aecidium Leucanthemi* DC. gehört somit zu einer *Carex*-bewohnenden *Puccinia*. Gleichzeitige Sporidienaussaat auf *Centaurea montana* und *C. Scabiosa* blieb ohne Erfolg[2]), woraus hervorgeht, dass die in Rede stehende *Puccinia* mit den Puccinien, welche zu den *Centaurea*-Aecidien gehören, nicht identisch ist; übrigens scheinen auch kleine morphologische Differenzen zwischen den Teleutosporen zu bestehen.

Weitere Versuche über die *Centaurea*-bewohnenden Aecidien ergaben sodann, dass mit Teleutosporen, welche aus den Aecidiosporen von *Centaurea montana* erzogen worden, nur letztere Pflanze, nicht aber *Cent. Scabiosa*[2]) — und umgekehrt mit Teleutosporen, die aus den Aecidiosporen von *Centaurea Scabiosa* erzogen worden, nur diese letztere, nicht aber *Cent. montana* infiziert werden kann.

Wir haben es also hier mit drei weiteren «Species sorores» im Sinne J. Schröters[3]) zu thun, welche ihre Teleutosporen auf *Carex montana* bilden. Es sind dieselben den ziemlich zahlreichen bereits bekannten heteroecischen *Carex*-bewohnenden Puccinien, die man wohl alle als species sorores ansehen kann, an die Seite zu stellen.

Zu diesen letztgenannten Puccinien gehört auch *P. Caricis* (Schum.), die auf verschiedenen *Carex*-Arten beobachtet ist; noch nicht angegeben wurde, soviel dem Vortragenden bekannt, *Carex ferruginea*. Mit Teleutosporen, die auf letzterer auftraten, wurde im letzten Sommer *Urtica dioica* erfolgreich infiziert.

Dietel[4]) vermutet, dass ein Aecidium auf *Lappa officinalis* zu *Puccinia silvatica* Schröt. gehöre. Dem Vortragenden gelang es jedoch nicht

---

[1]) S. Sitzungsbericht vom 28. April 1894. Diese Mitteilungen, Jahrgang 1894, p. XIII.

[2]) Eine einzige kleine Spermogoniengruppe, die auf C. Scabiosa auftrat, ist unzweifelhaft auf Verunreinigung des Versuchs zurückzuführen.

[3]) 71. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur. Botan. Sektion, 1893, p. 31 f.

[4]) Hedwigia 1888, p. 303.

mit dieser *Puccinia Lappa minor* zu infizieren, ebensowenig wie *Crepis aurea* und *Aposeris foetida,* während auf *Taraxacum officinale* zum Teil massenhafte Aecidien erzielt wurden.

Die Zusammengehörigkeit von *Uromyces Junci* (Desmaz.) mit dem Aecidium auf *Pulicaria dysenterica* ist durch Fuckel[1]), gestützt auf Beobachtungen im Freien, zum erstenmale ausgesprochen und später durch Plowright[2]) bestätigt worden. Winter zog zu diesem *Uromyces* auch ein Aecidium auf *Buphthalmum salicifolium.*[3]) Vortragender konnte aber mit *U. Junci Buphthalmum salicifolium* nicht infizieren, während gleichzeitig mit Sporidien besäte Pflanzen von *Pulicaria dysenterica* reichliche Aecidien reiften.

Wie vorsichtig man mit der Annahme der Zusammengehörigkeit von Aecidien und Teleutosporen sein muss, beweist uns *Uromyces Cacaliae* (DC.). Dieser wurde bisher als Uromycopsis betrachtet, d. h. als eine Art, die bloss Teleutosporen und Aecidien und zwar auf derselben Nährpflanze bildet. Eine Aussaat von Sporidien auf *Adenostyles alpina*, welche Vortragender vornahm, ergab aber direkt Teleutosporen, ohne vorangehende Spermogonien oder Aecidien. *Uromyces Cacaliae* ist somit ein Micro-Uromyces und das bisher dazu gezogene Aecidium muss zu denjenigen unbekannter Zusammengehörigkeit gestellt werden.

2. Herr Th. Studer: **Tertiäre Hirsche.**

891. Sitzung vom 16. Juni 1895, in Langnau,

gemeinsam mit der naturforschenden Gesellschaft von Solothurn.

1. Herr E. Kissling: **Die Herkunft der bunten Nagelfluh.**
2. Herr A. Tschirch: **Ueber die Anwendung der Photographie zur Lösung moderner, wissenschaftlicher und praktischer Streitfragen.**
3. Herr Enz: **Die neuen Theorien über Hagelbildung.**
4. Herr A. Rossel: **Demonstration des Calciumcarbidlichtes.**

892. Sitzung vom 26. Oktober 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr G. Huber. Anwesend: 33 Mitglieder und Gäste.

Herr Prof. Graf tritt nach sechsjähriger Thätigkeit als Oberbibliothekar der schweiz. naturforschenden Gesellschaft zurück. An seine Stelle wird gewählt Herr Dr. Th. Steck.

Herr Ed. Brückner: **Der Gletscherabbruch an der Altels** (mit Projektionen).

Herr **Baltzer** hat ebenfalls den alten Kanderthalbergsturz zur Prüfung der widerstreitenden Angaben von Brückner und Bachmann untersucht und sich im Allgemeinen von der Richtigkeit der Anschauung Brückner's überzeugt. Es fragt sich, welches das genaue Ende des Kanderbergsturzes sei und ob die äussersten, zunächst Frutigen liegenden **Massen** nicht vielleicht etwas näheren Ursprung haben könnten, als die 9 Kilometer entfernte Nische des Hauptsturzes.

[1]) Symbolae mycologicae 1869, p. 60.
[2]) British Uredineae and Ustilagineae 1889, pag. 133.
[3]) Rabenhorst Krytogamenflora Edit. 2, Pilze p. 162.

893. Sitzung vom 9. November 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender Herr G. Huber. Anwesend: 14 Mitglieder und 1 Gast.

Herr A. Rossel: **Herstellung von neuen chemischen Verbindungen bei Anwendung hoher Temperaturen.** (Mit Vorweisungen.)

894. Sitzung vom 23. November 1895.

Abends 7½ Uhr im zool. Institut.

Vorsitzender: Herr G. Huber. Anwesend: 29 Mitglieder.

Herr Th. Studer: **Ueber Pithecanthropus erectus Dubois,** eine supponirte Uebergangsform vom Affen zum Menschen.

895. Sitzung vom 7. December 1895.

Abends 7½ Uhr im pharmac. Institut.

Vorsitzender: Herr G. Huber. Anwesend: 22 Mitglieder und 2 Gäste.

Herr A. Baltzer: **Der Aaregletscher in der Diluvialzeit.**

896. Sitzung vom 21. December 1895.

Abends 7½ Uhr im Storchen.

Vorsitzender: Herr G. Huber. Anwesend: 23 Mitglieder.

1. Herr Ed. Fischer: Vorweisung von **Photographien einer Anzahl Phalloideen.**

   Tuberaceen aus dem Jura: Tuber aestivum von Delsberg.
   Cheiromyces maeandriformis von Locle.

2. Herr Coaz: Vorweisung eines Zweiges der **Araucaria imbricata** mit Zapfen, aus einem Garten bei Locarno.

3. Herr Th. Studer: **Zwei Krebsreste der marinen Molasse:**
   1) *Atelecyclus Tièchi Studer*, vom Belpberg.
   2) *Scylla* spec., aus Oberschwaben.

4. Herr Th. Steck: **Systematik und Biologie der Schlupfwespen.**

5. Herr F. Schaffer: Vorweisung eines **Petrolprüfungsapparates und eines Viscosimeters von Engler.**

Verzeichnis der Mitglieder

der

Bernischen Naturforschenden Gesellschaft.

(Am 31. Dezember 1895.)

Die mit * bezeichneten Mitglieder wurden im Jahre 1895 neu aufgenommen.

Vorstand.

Prof. Dr. *G. Huber,* Präsident vom 1. Mai 1895 bis 30. April 1896.
Prof. Dr. *Th. Studer,* Vicepräsident.
B. Studer, jun., Apotheker, Kassier seit 1875.
Dr. *E. Kissling,* Sekretär seit 1892, Unterbibliothekar seit 1888.
Prof. Dr. *J. H. Graf,* Redaktor der Mitteilungen seit 1883.
Dr. Th. Steck, Oberbibliothekar und Geschäftsführer des Lesezirkels.

Mitglieder.

1.	*Anderegg,* Ernst, Dr. phil. und Gymnasiallehrer, Bern	1891
2.	*Andreæ,* Philipp, Apotheker, Bern	1883
3.	*Badertscher,* Dr. A., Sekundarlehrer, Bern	1888
4.	*Balmer,* Dr. Hans, Bern	1886
5.	*Baltzer,* Dr. A., Professor der Mineralogie und Geologie, Bern	1884
6.	*Baumberger,* Ernst, Sekundarlehrer in Twann	1890
7.	*Beck,* Dr. Gottl., Vice-Direktor des Freien Gymnasiums, Bern	1876
8.	*v. Benoit,* Dr. jur. G., Bern	1872
9.	*Benteli,* A., Rektor und Docent, Bern	1869
10.	*Benteli,* A., V. D. M., Bern	1891
11.	*Berdez,* H., Professor an der Tierarzneischule, Bern	1879
12.	*Berlinerblau,* Dr. J., Fabrikdirekt. in Sosnowice (Russ.-Polen)	1887
13.	*v. Bonstetten,* Dr. phil. August, Bern	1859
14.	*Bourgeois,* Dr. med. E., Arzt, Bern	1872
15.	*Brückner,* Dr. Ed., Prof. der Geographie, Bern	1888
16.	*Brunner,* C., Dr. phil., Trautsohngasse 6, Wien	1846
17.	*Büchi,* Fr., Optiker, Bern	1874
18.	**Burri,* Dr. phil., Prosektor	1895
19.	*v. Büren,* Eug., allié von Salis, Sachwalter, Bern	1877
20.	*Bützberger,* F., Dr. phil., Lehrer am Technikum Burgdorf	1893
21.	*Cherbuliez,* Dr. Direktor, Mülhausen	1861
22.	**Chimani,* Otto, Dr. phil., Bern	1895

23. *Coaz,* eidgenössischer Oberforstinspektor, Bern . . . 1875
24. *Conrad,* Dr. Fr., Arzt in Bern 1872
25. *Cramer,* Gottl., Arzt in Biel 1854
26. *Dick,* Dr. Rud., Arzt in Bern 1876
27. *Drechsel,* Prof. Dr., Bern 1892
28. *Droz,* Arnold, Kantonsschullehrer in Pruntrut . . . 1890
29. *Dubois,* Dr. med., Arzt, Privatdocent, Bern . . . 1884
30. *Dumont,* Dr. med. F., Arzt, Privatdocent, Bern . . . 1890
31. *Dutoit,* Dr. med., Arzt in Bern 1867
32. *Eggenberger,* J., Dr. phil., Könitzstrasse 32 1892
33. *Engelmann,* Dr., Apotheker in Basel 1874
34. *v. Fellenberg,* Dr. phil. E., Bergingenieur, Bern . . . 1861
35. *Fischer,* Dr. phil. Ed., Professor der Botanik, Bern . . 1885
36. *Fischer,* Dr. L., Professor der Botanik, Bern . . . 1852
37. **Frank,* L., Assistent am chem. Laboratorium . . . 1895
38. *Frey,* Dr. Rob., Arzt in Rubigen 1876
39. *v. Freudenreich,* Dr. E., Bern 1885
40. *Fueter-Schnell,* Apotheker, Obstberg, Bern 1894
41. *Gerber,* Paul, Dr. phil., Apotheker, Bern 1893
42. *de Giacomi,* J., Dr. med., Arzt und Privatdocent, Bern . 1889
43. *Girard,* Prof. Dr. med., Arzt in Bern 1876
44. *Gosset,* Philipp, Ingenieur, Wabern bei Bern . . . 1865
45. *Graf,* Dr. J. H., Professor der Mathematik, Bern . . 1874
46. *Gressly,* Alb., Oberst, Maschinen-Ingenieur, Bern . . 1872
47. *Grimm,* J., Präparator, Bern 1876
48. *Gruner,* Dr. Paul, Gymnasiallehrer, Bern 1892
49. *Guillaume,* Dr. L., Direkt. des eidgen. statist. Bureaus, Bern 1892
50. *Guillebeau,* Professor Dr., Bern 1878
51. *Haaf,* C., Droguist, Bern 1857
52. *Haas,* Dr. med. Sigismund, Arzt in Muri b. Bern . . 1890
53. *Hafner,* René, Apotheker in Biel 1891
54. *Hasler,* Dr. phil. G., Dir. d. Telegraphen-Werkstätte, Bern 1861
55. *Held,* Leon, Ingenieur, Bern 1879
56. *Hess,* E., Professor an der Tierarzneischule, Bern . . 1883
57. *Holzer,* Ferd., Lehrer in Oberwyl bei Büren . . . 1890
58. *Huber,* Dr. G., Professor der Mathematik, Bern . . . 1888
59. *Huber,* Rud., Dr. phil., Gymnasiallehrer, Bern . . . 1891
60. *Jenner,* E. Entomolog, hist. Museum, Bern 1870
61. *Jonquière,* Dr., Professor der Medicin, Bern . . . 1853
62. *Jonquière,* Dr. med. Georg, Arzt in Bern 1884
63. *Jonquière,* Dr. phil. Alf., Bern 1884
64. *Käch,* P., Sekundarlehrer in Bern 1880
65. *Kaufmann,* Alfr., Dr. phil. und Gymnasiallehrer, Bern . 1886
66. *Kesselring,* H., Lehrer an der Sekundarschule in Bern . 1870
67. *Kissling,* Dr. E., Sekundarlehrer und Privatdocent, Bern . 1888
68. *Kobi,* Dr., Rektor der Kantonsschule Pruntrut . . . 1878
69. *Kocher,* Dr., Professor der Chirurgie, Bern . . . 1872
70. *Koller,* G., Ingenieur, Bern 1872
71. *König,* Dr. Emil, Arzt in Bern 1872
72. *König,* Emil, Dr. phil., Gymnasiallehrer, Bern . . . 1893
73. *Körber,* H., Buchhändler in Bern 1872
74. *Kraft,* Alex., Besitzer des Bernerhofs, Bern . . . 1872

75. *Krebs,* A., Seminarlehrer in Bern 1888
76. *Kronecker,* Dr. H., Professor der Physiologie, Bern . . 1884
77. *Kummer,* Dr. med. J., Arzt in Aarwangen . . . 1890
78. **Kürsteiner,* Dr. med., Bern 1895
79. *Langhans,* Fr., Lehrer am städt. Progymnasium, Bern . 1872
80. *Lanz,* Dr. Em., Arzt in Biel 1876
81. *Leist,* Dr. K., Lehrer an der Sekundarschule, Bern . . 1888
82. *Lesser,* Ed., Dr., Prof. der Dermatologie, Bern . . 1893
83. *Lindt,* Dr. med. Wilh., Arzt in Bern 1854
84. *Lindt,* Dr. med., W. jun., Arzt und Docent, Bern . . 1888
85. *Lory,* C. L., Rentier, Zürich 1894
86. **Lüscher,* E., Dr. med., Bern 1895
87. *Lütschg,* J., Waisenvater, Bern 1872
88. *Marckwald,* Dr. Max, Bonn a. Rh. 1889
89. *Marti,* Christian, Sekundarlehrer in Nidau . . . 1889
90. *Marti,* Lehrer a. d. N. Mädchenschule, Bern . . . 1892
91. *Moser,* Dr. phil. Ch., Privatdocent, Bern 1884
92. *Müller,* Emil, Apotheker in Bern 1882
93. *Müller,* Professor Dr., P., in Bern 1888
94. *Müller,* Max, Dr. med., Bern 1893
95. *Münger,* F., Dr. phil., Sekundarlehrer, Basel . . . 1892
96. *v. Mutach,* Alfr., von Riedburg, Bern 1865
97. *Mützenberg,* Dr. med. Ernst, Spiez 1885
98. *Nanni,* Dr. Wilh., Arzt in Mühleberg 1890
99. *Nicolet,* L., Pharmacien, St. Imier 1892
100. *Niehans-Boret,* Dr. med., Arzt in Bern 1870
101. *Pfister,* J. H., Mechaniker in Bern 1871
102. *Pflüger,* Dr. Professor, Bern 1889
103. *Prêtre,* Henri, Progymnasiallehrer in Biel 1890
104. *Pulver,* E., Apotheker in Interlaken 1890
105. *Pulver,* Fried., Apotheker in Bern 1876
106. *Pulver,* G., Sekundarlehrer in Wiedlisbach . . . 1891
107. *Ris,* Lehrer der Physik am städt. Gymnasium . . . 1869
108. *Rossel,* A. Dr., Professor der Chemie, Bern . . . 1893
109. *Rothen,* Dr. phil., internationaler Telegraphendirektor, Bern 1872
110. *Rothenbach,* Alfr., Gasdirektor in Bern 1872
111. *Rubeli,* Dr. O., Professor an der Tierarzneischule, Bern . 1892
112. *Sahli,* Professor Dr. H., in Bern 1875
113. *Santi,* Dr. med. Aug., Arzt in Bern 1890
114. *Schällibaum,* Dr. H., Arzt in Sils-Maria 1889
115. *Schärer,* Dr. med. Ernst, Bern 1885
116. *Schaffer,* Dr., Kantonschemiker und Docent, Bern . . 1878
117. *Schlachter,* Dr., Lehrer an der Lerberschule, Bern . . 1884
118. *Schmid,* Dr. W., Major im Generalstab, Bern . . . 1891
119. *Schmidt,* F. W., Dr. phil., Assistent am chem. Laboratorium, Bern 1893
120. *Schönenberger,* eidgen. Forstadjunkt 1894
121. *Schuppli,* M., Direktor der N. Mädchenschule, Hilterfingen 1870
122. *Schwab,* Alfr., Banquier in Bern 1873
123. *Schwab,* Sam., Dr. med., Bern 1885
124. *Sidler,* Dr., Professor der Astronomie, Bern . . . 1872
125. *Stähli,* F., Dr. phil., Gymnasiallehrer in Burgdorf . . 1893

126. *Steck,* Th., Dr. phil., Conservator am Naturhist. Museum, Bern 1878
127. *Steiger,* Alb., Dr. phil., Bern 1894
128. *Stooss,* Dr. med. Max, Arzt in Bern 1883
129. *Strasser,* Dr. Hans, Professor der Anatomie, Bern . . 1872
130. *Studer,* Bernhard, sen., Bern 1844
131. *Studer,* Bernhard, Apotheker, Bern 1871
132. *Studer,* Dr. Theophil, Professor der Zoologie, Bern . . 1868
133. *Studer,* Wilhelm, Apotheker in Bern 1877
134. *Tambor,* J., Dr. phil., Chem. Laboratorium, Bern . . 1894
135. *Tanner,* G. H., Apotheker in Bern 1882
136. *Tavel,* Professor Dr. E., Bern 1892
137. *Thiessing,* Dr., Redaktor, Bern 1867
138. *v. Tscharner,* Dr. phil. L., Oberst, Bern 1874
139. *v. Tscharner-de Lessert,* Oberstlieutenant, Bern . . 1878
140. *Tschirch,* Dr. A., Professor der Pharmakognosie in Bern . 1890
141. *Tschumi,* Dr., Lebensmittelinspektor, Bern 1890
142. *Valentin,* Professor Dr. med. Ad., Arzt in Bern . . 1872
143. *Volz,* Wilhelm, Apotheker in Bern 1887
144. *Wäber-Lindt,* A., Bern 1864
145. *Wagner,* Karl, Dr. phil., Enge-Zürich 1892
146. **Walser,* H., Gymnasiallehrer, Bern 1895
147. *Walthard,* Max, Dr. med., Arzt in Bern 1894
148. *Wander,* Dr. phil., Chemiker, Bern 1865
149. *Wanzenried,* Sekundarlehrer in Grosshöchstetten . . 1867
150. *v. Wattenwyl-v. Wattenwyl,* Jean, Gemeinderat, Bern . . 1877
151. *Weingart,* J., Sekundarlehrer in Bern 1875
152. *Wüthrich,* Dr. phil. E., Direktor der Molkereischule Rütti . 1892
153. *Wyss,* Dr. G., Buchdrucker in Bern 1887
154. *Wyttenbach-v. Fischer,* Dr., Arzt in Bern 1872
155. *de Zehender,* Marq., Ingenieur, Bern 1874
156. *Zeller,* R., Dr. phil., Geolog, Bern 1893
157. *Ziegler,* Dr. med. A., eidgen. Oberfeldarzt, Bern . . 1859
158. *Zumstein,* Dr. med. J. J., in Marburg 1885
159. *Zwicky,* Lehrer am städt. Gymnasium, Bern 1856

Im Jahre 1895 ausgetreten:

Bochicchio, Prof., R. Scuola d'Agricultura, Brescia . . . 1895
Chimani, Otto, Dr. phil., Bern 1895
Epstein, Dr. phil., Bern 1893
Frey, H., Dr. phil., Gymnasiallehrer und Privatdocent, Bern . 1889
Fuchs, Pfarrer in Unterseen 1891
Kaufmann, Dr., Sekretär des schweizerischen Industriedepartements, Bern 1881
Rollier, L., Geolog, ... 1890
Stucki, Fr., Sekundarlehrer, Wangen a. A. 1890
Stucki, G., Sekundarlehrer in Bern 1890
Wartmann, Apotheker, Biel 1891

Im Jahre 1895 verstorben:

Glur, J., Dr. phil., Bern	1890
Schenk, Dr. Karl, Bundesrat	1872
Moser, Fr., Schreinermeister, Bern	1877
Schwarz-Wälli, Commandant, Bern	1872

Korrespondierende Mitglieder:

1.	*Biermer*, Dr. Professor in Breslau	1861
2.	*Flesch*, Dr. M., Arzt in Frankfurt	1882
3.	*Gasser*, Dr. E., Professor der Anatomie in Marburg	1884
4.	*Gelpke*, Otto, Ingenieur in Luzern	1867
5.	*Graf*, Lehrer, in St. Gallen	1858
6.	*Grützner*, Dr. A., Prof. in Tübingen	1881
7.	*Hiepe*, Dr. Wilhelm, in Birmingham	1874
8.	*Imfeld*, Xaver, Topograph in Hottingen	1880
9.	*Krebs*, Gymnasiallehrer in Winterthur	1864
10.	*Landolf*, Dr., in Chili	1881
11.	*Lang*, Dr. A., Professor in Zürich	1876
12.	*Leonhard*, Dr., Veterinär in Frankfurt	1870
13.	*Lichtheim*, Professor in Königsberg	1881
14.	*Lindt*, Dr. Otto, Apotheker in Aarau	1866
15.	*Metzdorf*, Dr. Professor der Vet.-Sch. in Proskau, Schlesien	1870
16.	*Petri*, Dr. Ed., Prof. der Geographie in St. Petersburg	1883
17.	*Pütz*, Dr. H., Professor der Vet.-Med., Halle a. S.	1870
18.	*Regelsperger*, Gust., Dr., rue la Boétie 85, Paris	1883
19.	*Rothenbach*, Lehrer am Lehrerseminar in Küssnacht	1871
20.	*Schiff*, Dr. M., Professor in Genf	1856
21.	*Wälchli*, Dr. med. D. J., Buenos Ayres	1873
22.	*Wild*, Dr. Professor, in St. Petersburg	1859

Auszug

aus der

Jahres-Rechnung der bernischen Naturforschenden Gesellschaft.

1894

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr.	435. 65
An Jahresbeiträgen	„	1312. —
An Eintrittsgeldern	„	30. —
An Zinsen	„	122. 30
An verkauften Mittheilungen	„	7. —
An ausserordentlichen Beiträgen	„	750. —
An Legaten	„	1000. —
	Fr.	3656. 95

Ausgaben.

Mittheilungen	Fr.	1661. 25
Sitzungen	„	155. 90
Bibliothek	„	243. 85
Lesezirkel	„	147. 70
Reservefonds	„	1000. —
Verschiedenes	„	173. 30
	Fr.	3382. —

Bilanz.

Die Einnahmen betragen	Fr.	3656. 95
Die Ausgaben betragen	„	3382. —
Es verbleibt ein Activ-Saldo von	Fr.	274. 95

Vermögensetat.

Das Vermögen der naturforschenden Gesellschaft besteht auf 31. Dezember 1894 in:

a) einer Obligation der eidgenössischen Bank à 4 %	Fr.	1000. —
b) dem Reservefonds auf der Hypothekarkasse	„	1528. 55
c) dem Saldo obiger Rechnung	„	274. 95
	Fr.	2803. 50

Reservefonds.

Saldo letzter Rechnung	Fr.	1528. 55
Einlage laut obiger Rechnung	„	1000. —
Bestand auf 31. Dezember 1894	Fr.	2528. 55

Der Kassier: **B. Studer**, Apoth.

Studer, pinxit.

Boletus Cembrae Studer

Turtmannthal 2000 m.

B. Studer jun.

Beiträge zur Kenntnis der schweiz. Pilze.

b. Wallis.

Nachtrag zu der in den Mitteilungen des Jahres 1890 erschienenen Arbeit.

Bibliographie der schweiz. Hymenomyceten.

v. Haller, A. Historia stirpium indigenarum Helvetiae. Bern 1768.

Schleicher, I. C. Catalogus plantarum in Helvetia cis- et transalpina sponte nascentium. Bd. I—IV, Bex 1800. 1807. 1815 und Chambéry 1821.

Duby. Botanicon gallicum. Paris 1830.

Secretan. Mycographie suisse. Genève 1833.

Lagger, J. Verzeichnis der in der Umgegend von Thun vorkommenden Schwämme. Allgemeine Botanische Zeitung 1836, p. 225. 245.

Trog, I. G. Verzeichnis der schweizerischen Schwämme. Mitteilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft 1844. 46. 50. 57.

Otth. Nachträge zu dem Verzeichnis von Trog. Mitteilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft 1863. 65. 68. 70.

Fuckel. Symbolæ mycologicæ. Wiesbaden 1869, mit Nachträgen von 1871. 73. 75.

Wartmann & Schenck. Schweizerische Kryptogamen. Exsiccata.

Morthier & Favre. Catalogue des champignons du canton de Neuchâtel 1870.

Winter. Standortsverzeichnis der Pilze des Kantons Zürich. Manuskript 1883.

Magnus, P. Erstes Verzeichnis der aus dem Kanton Graubünden bekannt gewordenen Pilze. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens XXXIV. Chur 1890.

Leuba, F. Les champignons comestibles et les espèces vénéneuses avec lesquelles ils pourraient être confondus. Neuchâtel 1890.

Studer, B. Beiträge zur Kenntnis der schweizerischen Pilze. Mitteilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft. 1890.

de Jaczewski, A. Champignons de Montreux et ses environs. Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles XXIX. Lausanne 1893.

Amann, J. Beiträge zur Kenntnis der Pilzflora Graubündens. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens XXXVI. Chur 1892/93.

Bauer, W. Alphabetisches Verzeichnis der von Jack, Leiner und Stitzenberger herausgegebenen 10 Centurien Kryptogamen Badens. Mitteilungen des Badischen Botanischen Vereins N. 87/89 pp. 305/310 1891.

Corboz, F. Flora aclensis. Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles XXIX. Lausanne 1893.

Rolland, L. Excursion à Zermatt. Bulletin de la société mycologique de France. Vol. V. 1889, pag. 164—171.

Chodat, R. et Martin, Ch. Contributions mycologiques. Bulletin de la société botanique de Genève. Nr. 5, 1889, pag. 221—227.

Martin, Ch.-Ed. Contribution à la flore mycologique genevoise. Bulletin des travaux de la société botanique de Genève VII. 1892—94, p. 171—198.

Als ich im Jahr 1890 das mycologische Ergebnis meiner zwei ersten Walliser Reisen veröffentlichte, glaubte ich durch den Besuch mehrerer Thäler des Oberwallis und einiger Punkte des Unterwallis eine Übersicht gewonnen zu haben über die Hymenomycetenflora dieses merkwürdigen Kantons, aber spätere Exkursionen in andere Teile des Rhonethales überzeugten mich, dass dort für den Hymenomycetologen noch viel Arbeit harre, und erst, nachdem ich in fünf weiteren Reisen alle bedeutendern Seitenthäler der Rhone im Wallis durchforscht, gestatte ich mir mit den Ergebnissen dieser Forschungen vor die Öffentlichkeit zu treten.

Auch diese Arbeit darf keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen. Ein Land wie das Wallis kann von einem Forscher in seinem Leben nicht erschöpft werden, geschweige denn in wenigen nahren, um so mehr, als die Pilzsaison für die Hymenomyceten immer Jur kurz ist.

Die in der früheren Publikation angeführten Arten werden hier nur soweit wiederholt, als neue Beobachtungen und neue Standorte für dieselben anzugeben sind. Die Pilznamen sind in diesem Fall durch kleineren Druck von den andern verschieden.

Clavariaceæ.

Clavaria abietina P. am Simplon

formosa P. im Lärchenwald am Lac de Champex.

botrytes var. alba Krombh im Tannenwald bei Morgins.

Telephoreæ.

Exobasidium Vaccinii Woronin auf Alpenrosen häufig.

Craterellus lutescens P. bei Monthey.

Hydnaceæ.

Hydnum nigrum Fr. Kastanienwald bei Choëx.

squamosum Tannenwald bei Morgins.

Polyporeæ.

Trametes gibbosa P. im Val de Bagnes.

Polyporus zonatus Nees an Lärchenstämmen.

gossypinus Lèv. an Tannen bei Morgins.

officinalis Vill. an Lärchen. Nicht häufig.

confluens A. & Schw. am Lac de Champex. Im Lärchenwald viel weniger häufig als im Tannenwald.

fuligineus P. im Eifischthal.

pes capræ P. bei Morgins.

ovinus Schaeff. im Nadelwald häufig.

Boletus luridus Schaeff. bei Morgins.

lupinus Fr. im Kastanienwald bei Fully & Martigny Combe.

pachypus Fr. bei Morgins.

subtomentosus L. am Lac de Champex, im Lärchenwald viel spärlicher als im Tannenwald.

rutilus Fr. im Kastanienwald bei Fully[1]).

Cembræ Studer (spec. nova, siehe Tafel I.) im Arvenwald des Turtmanthales oberhalb Plumatt.

Der Hut ist ziemlich fleischig, umbrafarben, in der Jugend schleimig, im Alter trocken mit schwachem, seidenartigem Glanz. Das Fleisch ist weiss oder blass gelblich und ändert seine Farbe beim Bruch nicht. Der Stiel ist schwach keulenförmig, in der Jugend orangegelb mit rotbraunen, unregelmässigen Flecken (nicht Schuppen), im Alter blasser, mit dunkelbraunen Flecken. Die Röhrchen sind gelb bis grünlich-gelb, mit unregelmässig eckigen, gleichfarbigen Poren, am

[1]) In der Schweiz bisher nicht publiziert.

Stiel verkürzt. Bei ganz jungen Exemplaren sind die Poren fast orangefarbig. Ring oder Schleier sind nicht vorhanden. Die Sporen sind elliptisch, olivengrün, mit 1—2 Öltröpfchen. 3 × 7,5 μ.

Der Pilz hat keinen auffallenden Geruch. Der Geschmack ist erst süsslich, später etwas brennend.

Boletus flavidus Fr. im Lärchenwald bei Evolena und Martigny.

luteus L. im Pfymwald an der Rhone.

fusipes Henfler bei Morgins im Tannenwald[1]).

Boletus cavipes überall im Lärchenwald. Die Westgrenze wird gebildet von einer Linie, die sich von Finhaut über Salvan nach Norden zieht. Im Val d'Illiez kommt dieser Pilz nicht mehr vor.

Agaricineæ.

Lentinus lepideus Fr. an Lärchenstrünken häufig.

Marasmius cauticinalis Sow. Martigny.

candidus Bolt, Bouveret.

fœtidus Sow. Chandolin.

scorodonius Fr. Leuk.

torquescens Quél. Val d'Arpette.

Cantharellus fascicularis Strauss Monthey.

Russula puellaris Fr. Val d'Arpette[1]).

emetica Fr. Val d'Illiez.

Queletii Fr. Lötschenthal.

fœtens P. Champex.

olivacea Schaeff. Morgins. Val d'Arpette.

xerampelina Schaeff. Morgins. Lötschenthal.

Linnæi Fr. Lötschenthal.

lepida Fr. Champex.

virescens Schaeff. Monthey.

sardonia Fr. Morgins.

rosacea Fr. Martigny.

furcata Lamarck. Morgins.

delica Vaill. Col du Tronc.

Lactarius subdulcis Bull. Leuk. Lötschenthal.

mitissimus Fr. Lötschenthal Champex.

flammeolus Pollini Simplon.

serifluus DC Eifischthal.

picinus Fr. Champex.

fuliginosus Fr. Morgins.

helvus Fr. Lötschenthal, Eifischthal, Val de Bagnes b. Fionnay im Lärchenwald.

rufus Scop. Martigny.

vietus Fr. Val d'Arpette.

aurantiacus Flor. dan. Berisal, Turtmanthal, Evolena.

vellereus Fr. Champex.

zonarius Bull. Fully.

insulsus Fr. Champex Morgins.

scrobiculatus Scop. überall im Lärchenwald gemein.

---

[1]) In der Schweiz bisher nicht publiziert.

Hygrocybe chlorophana Fr. Morgins, Leuk.
conica Scop. Morgins, Simplon auf den Weideplätzen.
obrussea Fr. Turtmanthal.
ceracea Wulf Morgins.
Camarophyllus virgineus Wulf Martigny, Turtmanthal im Arvenwald.
pratensis P. Eifischthal im Grase.
nemoreus Lasch Martigny.
caprinus Scop. Chandolin, Leukerbad.
Limacium tephroleucum P. Leuk. Morgins.
lucorum Kalchbr. überall im Lärchenwald.
erubescens Fr. Evolena.
penarium Fr. Morgins.
eburneum Bull. Martigny.
Paxillus atrotomentosus Batsch Morgins.
involutus Batsch Val d'Arpette.
Gomphidius maculatus Scop. Champex.
Hydrocybe obtusa Fr. Martigny.
leucopus P. Martigny.
saturnina Fr. Martigny.
tortuosa Fr. Champex.
damascena Fr. Morgins, Champex.
subferruginea Batsch Morgins, Champex.
Telamonia brunnea P. Eifischthal, Champex.
impennis Fr. Forêt de l'Ersse[1]).
torva Fr. Eifischthal.
Dermocybe raphanoides P. Martigny.
valga Fr. Eifischthal.
fucatophylla Lasch. Eifischthal[1]).
orellana Fr. Eifischthal.
cinnamomea L. Val d'Arpette, Evolena, Simplon.
crocea Fr. Martigny.
sanguinea Wulf Champex.
anomala Fr. Martigny.
decumbens P. Martigny.
ochrophylla Fr. Champex[1]).
Inoloma callisteum Fr. Eifischthal Morgins.
argentatum P. Gondo.
opimum Fr. Martigny, Champex.
Myxacium vibratile Fr. Leukerbad.
mucosum Bull. Val d'Arpette.
Phlegmacium elegantius Fr. Fully.
multiforme Fr. Champex, Morgins.
subtortum P. Val de Bagnes bei Châble.
anfractum Fr. Champex.
percome Fr. Leukerbad.
variicolor P. Champex.
Bolbitius purifluns Lasch Morgins.
Coprinus ephemeroides Bull. Lötschenthal.
deliquescens Bull. Morgins.
fuscescens Schaeff. Martigny.
ovatus Schaeff. Eifischthal.
Panæolus fimicola Fr. Val d'Arpette.
papilionaceus Bull. Champex.

[1]) In der Schweiz bisher nicht publiziert.

separatus minor L. Val d'Arpette.

Psilocybe spadicea Schaeff. Leukerbad.

Hypholoma dispersum Fr. Lötschenthal.

elæodes Paul Martigny.

capnoides Fr. Eifischthal.

Stropharia semiglobata Batsch Champex.

stercoraria Fr. Val Ferret.

obturata Fr. Eifischthal.

Psalliota campestris L. Simplon.

rusiophylla Lasch Turtmanthal[1]).

Crepidotus alveolus Lasch Turtmanthal.

Galera ravida Fr. Morgins.

Naucoria escharoides Fr. Val d'Arpette.

Cucumis P. Martigny.

Flammula picrea P. Martigny.

sapinea Fr. Evolena. Forêt de l'Ersse.

astragalina Fr. Martigny.

fusa Batsch Morgins.

carbonaria Fr. Morgins.

gymnopodia Bull. Champex[1]).

Hebeloma truncatum Schaeff. Morgins.

lugens Jungh. Morgins.

longicaudum P. Monthey.

elatum Batsch Martigny, Lötschenthal.

crustuliniforme Bull. Morgins.

sinapizans Fr. Morgins.

versipelle Fr. Morgins, Martigny, Eifischthal.

punctatum Fr. Turtmanthal.

testaceum Batsch Forêt de l'Ersse.

sinnosum Fr. Eifischthal.

Inocybe geophylla Sow. Turtmanthal.

rimosa Bull. Morgins.

hiulca Fr. Morgins.

fastigiata Schaeff. Morgins.

fibrosa Sow. Fully.

dulcamara A. & S. Morgins.

Pholiota mutabilis Schaeff. Leukerbad.

Secretani Fr. Turtmanthal.

caperata P. Champex Martigny.

Claudopus variabilis P. Leukerbad.

Nolanea hirtipes Fl. dan. Val d'Arpette.

Clitopilus orcella Bull. Fully im Kastanienwald.

prunulus Scop. Chandolin Martigny, Fully.

Pluteus cervinus Schaeff. Simplon. Turtmanthal im Arvenwald.

Omphalia leucophylla Fr. Martigny.

chrysophylla Fr. Forêt de l'Ersse.

Mycena stipularis Fr. Evolena.

epipterygia Scop. Leukerbad, Simplon, Val d'Arpette.

[1]) In der Schweiz bisher nicht publiziert.

Clitocybe tortilis Lasch Leukerbad.
cerussata var. difformis Schum. Champex im Gras.
diatreta Fr. Leukerbad.
cyathiformis Bull. in allen Thälern des Wallis häufig.
flaccida Sow. Val de Bagnes.
inversa Scop. Evolena.
geotropa Bull. Evolena.
gilva P. Martigny Evolena.
maxima Fl. d. Wetterau Eifischthal.
nimbata Batsch Simplon.
Lorinseri Wint. Morgins[1]).
Laccaria amethystina Bull. Martigny, Lötschenthal.
proxima Boud. Champex im Lärchenwald.
Tricholoma *leucocephalum* Fr. Champex.
gambosum Fr. Morgins, Turtmanthal.
sulfureum Bull. Leukerbad.
virgatum Fr. Martigny.
cuneifolium Fr. Eifischthal.
saponaceum var.[1]) Fr. in den Lärchenwäldern des Eifischthales in einer merkwürdigen Variante mit gras-grünem Hut, der in der Jugend mit rostbraunen Schuppen besetzt ist, die bei zunehmendem Alter schwinden. Der Geruch ist sehr schwach, das Übrige wie bei der Normart, welche in den Walliser Wäldern häufig vorkommt.
vaccinum P. Martigny.
imbricatum Fr. Leukerbad.
columbetta Fr. Martigny, Lötschenthal.
guttatum Schaeff. Eifischthal.
luridum Schaeff. Turtmanthal.
rutilans Schaeff. Simplon.
albo-brunneum P. Martigny.
coryphæum Fr. Simplon.
inodermeum Fr. Champex[1]).
Armillaria aurantia Schaeff. Martigny.
robusta vide Secretan Nr. 47.
Lepiota seminuda Lasch Morgins.
amiantina Scop. Evolena.
Friesii Lasch Morgins, Eifischthal.
mastoidea Fr. Eifischthal.
Amanita spissa Fr. Forêt de l'Ersse.
rubescens Fr. Morgins.
cæsarea Scop. im Kastanienwald bei Monthey nicht häufig.

Zum Schlusse mache ich mir noch das Vergnügen, Allen meinen Dank auszusprechen, die mich bei dieser Arbeit mit Rat und Litteratur unterstützt haben, besonders den Herren Professoren Fischer in Bern, M. Fayod in Paris, Herrn Professor Bresadola in Trient, Mr. de Jaczewski in Montreux, M. Autran in Genf und Herrn Professor von Tavel in Zürich.

[1]) In der Schweiz bisher nicht publiziert.

J. Eggenberger.

Über eine Eigenschaft einer Gammafunktion mit einer Potenz als Argument.

(Eingereicht im Januar 1895.)

Das Euler'sche Integral II. Gattung sei definiert durch

1) $$\Gamma(y) = \int_0^\infty e^{-x} x^{y-1}\, dx.$$ (e = Basis der nat. Logarithmen.)

Substituiert man darin x durch az, so folgt

$$\Gamma(y) = a^y \int_0^\infty e^{-az} z^{y-1}\, dz \text{ und für } y = 1$$

2) $$\Gamma(1) = a \int_0^\infty e^{-az}\, dz.$$

Weil aber nach 1):

$$\Gamma(1) = \int_0^\infty e^{-x}\, dx = 1,$$

so ergibt sich aus 2):

$$\frac{1}{a} = \int_0^\infty e^{-az}\, dz.$$

Multipliziert man diese Gleichung mit da und integriert beiderseits zwischen 1 und a, so wird

3) $$\log a = \int_0^\infty \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz.$$

Durch n-malige Multiplikation dieser Gleichung mit da und Integration zwischen den Grenzen 0 und a, erhalten wir rechts:

$$\int_0^a{}^{(1)} \log a\, da = a \log a - a$$

$$\int_0^a{}^{(2)} \log a\, da = \int_0^a a \log a\, da - \int_0^a a\, da$$

$$= \frac{a^2}{2} \log a - \frac{a^2}{4} - \frac{a^2}{2}$$

$$\int_0^a{}^{(3)} \log a\, da = \int_0^a \left(\frac{a^2}{2} \log a - \frac{a^2}{4} - \frac{a^2}{2}\right) da$$

$$= \frac{a^3}{3!} \log a - \frac{a^3}{3!\,3} - \frac{a^3}{3!\,2} - \frac{a^3}{3!}$$

$$\int_0^a{}^{(4)} \log a\, da = \frac{a^4}{4!} \log a - \frac{a^4}{4!\,4} - \frac{a^4}{4!\,3} - \frac{a^4}{4!\,2} - \frac{a^4}{4!}$$

— — — — — — — — — — — — — — — —

— — — — — — — — — — — — — — — —

$$\int_0^a{}^{(n)} \log a\, da = \frac{a^n}{n!} \log a - \frac{a^n}{n\,n!} - \frac{a^n}{(n-1)\,n!} - \frac{a^n}{(n-2)\,n!} -$$

$$- \cdots - \frac{a^n}{3\,n!} - \frac{a^n}{2\,n!} - \frac{a^n}{n!}$$

$$= \frac{a^n}{n!} \log a - \frac{a^n}{n!}\left[1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n-1} + \frac{1}{n}\right]$$

a)
$$\int_0^a{}^{(n)} \log a\, da = \frac{a^n}{n!} \log a - \frac{a^n}{n!} \sum_{x=1}^{x=n} \frac{1}{x}$$

und links:

$$\int_0^a{}^{(1)} \int_0^\infty \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^\infty \left(a\, e^{-z} + \frac{e^{-az}}{z} - \frac{1}{z}\right) \frac{dz}{z}$$

$$\int_0^a{}^{(2)} \int_0^\infty \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^\infty \left(\frac{a^2\, e^{-z}}{2!} - \frac{e^{-az}}{z^2} + \frac{1}{z^2} - \frac{a}{z}\right) \frac{dz}{z}$$

$$\int_0^{a_{(3)}} \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^{\infty} \left(\frac{a^3 e^{-z}}{3!} + \frac{e^{-az}}{z^3} - \frac{1}{z^3} + \frac{a}{z^2} - \frac{a^2}{2!\, z} \right) \frac{dz}{z}$$

$$\int_0^{a_{(4)}} \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^{\infty} \left(\frac{a^4 e^{-z}}{4!} - \frac{e^{-az}}{z^4} + \frac{1}{z^4} - \frac{a}{z^3} + \frac{a^2}{2!\, z^2} - \frac{a^3}{3!\, z} \right) \frac{dz}{z}$$

$$\int_0^{a_{(5)}} \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^{\infty} \left(\frac{a^5 e^{-z}}{5!} + \frac{e^{-az}}{z^5} - \frac{1}{z^5} + \frac{a}{z^4} - \frac{a^2}{2!\, z^3} + \frac{a^3}{3!\, z^2} - \frac{a^4}{4!\, z} \right) \frac{dz}{z}$$

— — — — — — — — — — — — — — — — — — — —

$$\beta) \int_0^{a_{(n)}} \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} - e^{-az}}{z}\, dz\, da = \int_0^{\infty} \left(\frac{a^n e^{-z}}{n!} + \frac{(-1)^{n+1} e^{-az}}{z^n} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n-1} a}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^{n-2} a^2}{2!\, z^{n-2}} + \cdots + \frac{(-1)^3 a^{n-3}}{(n-3)!\, z^3} + \frac{(-1)^2 a^{n-2}}{(n-2)!\, z^2} - \frac{a^{n-1}}{(n-1)!\, z} \right) \frac{dz}{z}$$

$$= \int_0^{\infty} \left[\frac{a^n}{n!} e^{-z} - \frac{a^{n-1}}{(n-1)!} \frac{1}{z} + \frac{a^{n-2}}{(n-2)!} \frac{1}{z^2} - \cdots + \frac{(-1)^{n-2} a^2}{z^{n-2}\, 2!} + \frac{(-1)^{n-1} a}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n+1}}{z^n} e^{-az} \right] \frac{dz}{z}.$$

Aus den Gleichungen α) und β) folgt:

$$4) \quad \frac{a^n}{n!} \log a = \frac{a^n}{n!} \cdot \sum_{x=1}^{x=n} \frac{1}{x} + \int_0^{\infty} \left[\frac{a^n}{n!} e^{-z} - \frac{a^{n-1}}{(n-1)!\, z} + \frac{a^{n-2}}{(n-2)! z^2} - \mp \cdots + \frac{(-1)^{n-2} a^2}{z^{n-2}\, 2!} + \frac{(-1)^{n-1} a}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n+1} e^{-az}}{z^n} \right] \frac{dz}{z}.$$

Setzt man in Gleichung 4) der Reihe nach a = 1, 2, 3 . . . a — 2, a — 1 und addiert sämtliche Gleichungen, so ergibt sich, wenn man zur Abkürzung

$$1^{1^n} \cdot 2^{2^n} \cdot 3^{3^n} \cdots (a-2)^{(a-2)^n} (a-1)^{(a-1)^n} = \Gamma(a^{a^n})$$

als neue Funktion setzt:

$$5) \quad \frac{\log \Gamma(a^{a^n})}{n!} = \frac{\sum_{x=1}^{x=a-1} x^n \sum_{x=1}^{x=n} \frac{1}{x}}{n!} + \int_0^\infty \left[\frac{e^{-z} \sum_{x=1}^{x=a-1} x^n}{n!} - \frac{\sum_{x=1}^{x=a-1} x^{n-1}}{(n-1)!\, z} + \frac{\sum_{x=1}^{x=a-1} x^{n-2}}{(n-2)!\, z^2} - \mp \cdots \right.$$

$$\left. + \frac{(-1)^{n-2} \sum_{x=1}^{x=a-1} x^2}{2!\, z^{n-2}} + \frac{(-1)^{n-1} \sum_{x=1}^{x=a-1} x}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n+1} \sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-1} e^{-\alpha z}}{z^n} \right] \frac{dz}{z}.$$

Ebenso für ein um die Einheit kleineres Argument:

$$6) \quad \frac{\log \Gamma((a-1)^{(a-1)^n})}{n!} = \frac{\sum_{x=1}^{x=a-2} x^n \sum_{x=1}^{x=n} \frac{1}{x}}{n!} + \int_0^\infty \left[\frac{e^{-z} \sum_{x=1}^{x=a-2} x^n}{n!} - \frac{\sum_{x=1}^{x=a-2} x^{n-1}}{(n-1)!\, z} + \frac{\sum_{x=1}^{x=a-2} x^{n-2}}{(n-2)!\, z^2} \mp \cdots \right.$$

$$\left. + \frac{(-1)^{n-2} \sum_{x=1}^{x=a-2} x^2}{2!\, z^{n-2}} + \frac{(-1)^{n-1} \sum_{x=1}^{x=a-2} x}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n+1} \sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-2} e^{-\alpha z}}{z^n} \right] \frac{dz}{z}.$$

Durch Subtraktion der Gleichung 6) von 5) und unter Berücksichtigung folgender Thatsachen:

$$\sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-1} e^{-\alpha z} = \frac{1 - e^{-(a-1)z}}{e^z - 1},$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-2} e^{-\alpha z} = \frac{1 - e^{-(a-2)z}}{e^z - 1},$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-1} e^{-\alpha z} - \sum_{\alpha=1}^{\alpha=a-2} e^{-\alpha z} = e^{-(a-1)z} \qquad \text{und}$$

$$\sum_{x=1}^{x=a-1} x^n - \sum_{x=1}^{x=a-2} x^n = (a-1)^n$$

erhält man:

$$(7 \quad \frac{\log \Gamma(a^n)}{n!} - \frac{\log \Gamma((a-1)^{(a-1)^n})}{n!} = \frac{(a-1)^n \sum_{x=1}^{x=n} \frac{1}{x}}{n!} +$$

$$\int_0^\infty \left[\frac{(a-1)^n e^{-z}}{n!} - \frac{(a-1)^{n-1}}{(n-1)!\, z} + \frac{(a-1)^{n-2}}{(n-2)!\, z^2} \mp \cdots \right.$$

$$\left. + \frac{(-1)^{n-2}(a-1)^2}{z^{n-2}\, 2!} + \frac{(-1)^{n-1}(a-1)}{z^{n-1}} + \frac{(-1)^n}{z^n} + \frac{(-1)^{n+1} e^{-(a-1)z}}{z^n} \right] \frac{dz}{z}.$$

Nach Gleichung 4) ist aber die rechte Seite von Gleichung 7)

$$= \frac{(a-1)^n \log (a-1)}{n!}.$$

Diesen Ausdruck substituiert, ergibt:

$$8) \qquad \frac{\log \Gamma(a^n)}{n!} - \frac{\log \Gamma((a-1)^{(a-1)^n})}{n!} = \frac{(a-1)^n \log (a-1)}{n!}$$

oder

$$9) \qquad \Gamma(a^n) = (a-1)^{(a-1)^n}\, \Gamma((a-1)^{(a-1)^n}).$$

Für $n = o$ folgt aus dieser Gleichung die bekannte Beziehung:

$$\Gamma(a) = (a-1)\, \Gamma(a-1).$$

Die in Gleichung 5) gegebene Funktion genügt somit der ersten Eigenschaft einer Gammafunktion. Der o-Punkt ist für dieselbe ein Unstetigkeitspunkt.

A. Baltzer.

Vom Rande der Wüste.

(Mit 3 Tafeln)

Populärer Vortrag gehalten im November 1894 in der bernischen Naturforschenden Gesellschaft.

(Eingereicht Anfangs Januar 1895.)

Man reist heutzutage mit der Eisenbahn in 28 Stunden von Algier nach Biskra; wem es aber darum zu thun ist möglichst schnell dahin zu kommen, der fährt von Marseille in 36 Stunden per Schiff nach der algerischen Küstenstadt Philippeville (Provinz Constantine) und benutzt von hier die direkte Bahnverbindung, die in 13 Stunden nach Biskra führt.

Im Folgenden versuche ich Ihnen ein Bild zu entwerfen zunächst von der Oase *el Kantara* und dem benachbarten Atlasgipfel *Djebel Metlili,* dann von *Biskra* und endlich von der *Wüste bei Biskra.*

El Kantara und Djebel Metlili.

El Kantara ist ein 499 m. über Meer gelegener Ort im südlichen Atlas, noch 60 km. von Biskra entfernt. Hier gedachte ich irgend eine Bergbesteigung auszuführen und einen ersten Blick auf die Wüste zu werfen. Von der kleinen französischen Schenke bei der Station aus führt die Strasse auf einen engen Durchpass zu, der sich bald als echte Cluse entpuppt, welche die letzte Kette des Atlas gegen die Wüste hin durchbricht. Es ist der berühmte «*Foum el Sahra*» oder Mund der Wüste, eine jahrtausendealte Völkerstrasse. Hier befindet sich eine sehr scharfe Vegetationsgränze zwischen noch mediterraner Flora mit Lorbeer, Myrthe etc. und der Region der Dattelpalme, die wie mit einem Schlage nach Passirung der Clus in etwa 20000 Exemplaren aufzieht. In diesen Palmenhainen liegen die 3 Dörfchen von *el Kantara;* mittendurch schlängelt sich das gleichnamige Flüsschen

mit steilen palmengekrönten Uferabstürzen. Die Lehmhütten der von der Palmenkultur lebenden Araber sehen wir hier zum erstenmal, auch eine alte Befestigung mit Lehmthürmen; darüber ragt die einförmige Wand einer niedrigen, randlichen Atlaskette empor. Diese lang sich hinziehende Wand, mit steil südfallenden Schichten, zeigt eine merkwürdige Erosion. Unten in der steilen Partie treten nur schmale, aber tief eingeschnittene Erosionsfurchen auf, oben im terrassenförmigen Theil sind es breite, baumförmig verästelte Rinnen.

Im Rückweg fand ich auch den Gipfel, den ich zu besteigen wünschte. Er erhebt sich westlich von der Station 1500 m. über Meer und trägt einen damals nicht benutzten «*Poste optique*», wie er den Franzosen diente die Annäherung räuberischer Araber zu erkunden und weiter zu melden. Diese Spitze verhiess mir einen weiten Ausblick, und so wurde für den folgenden Tag mit dem Führer Achmed ben Arabi das Nöthige verabredet.

Früh brachen wir wohlausgerüstet auf, anfänglich durch ein ödes, vegetationsloses Längsthal zwischen 2 Juraketten reitend. Plötzlich öffnet sich in der nördlichen Kette eine wilde, enge, in die phantastischen Coulissen der Kalktafeln eingeschnittene Schlucht, kaum Raum für den Fusspfad lassend. Lang stiegen wir aufwärts, bogen oben in eine weniger tiefe Seitenschlucht ein, dann gings in weiten Bogen an der Bergflanke hin, bis der ersehnte Wachtthurm auftauchte.

Der Ausblick von da oben war ergreifend, aber wie ihn schildern? Zudem liegt der Hauptreiz ja in den Farben, die so gänzlich verschieden sind von dem, was ich von der Heimat gewohnt war.

Vor Allem zieht es den Blick südwärts nach der Wüste, wo er schrankenlos im Raum sich verliert.[1]) Vorn schlängelt sich in vielen Windungen der *Oued el Kantara* (Oued = Fluss und Flussbett) durch das Hügelland hin. Ein kleiner smaragdgrüner Fleck ist die Oase *el Outaya*. Dann Hügelketten und Palmenstreifen: das sind die Oasen von *Biskra*, 60 km. von uns entfernt. Dann folgt eine weite, weite Ebene im zartesten Graugelb, aus der hier und da niedrige, scharfe, fein modellirte Kämme hervortauchen. Sie verschwimmt nach Süden, aber weit hinten taucht ein grosser, glänzender Spiegel auf, in 140 km.

---

[1]) Die beiden Lichtdrucktafeln I und II beziehen sich zwar auf einen viel niedrigeren Punkt, nämlich den nur einige 100 m. über Meer hohen *Col de Sfa*, nördlich von Biskra, doch geben sie immerhin eine annähernde Vorstellung der Wüste bei Biskra.

geradliniger Entfernung: das ist der *Chott Melrir*.[1]) Dahinter trennt sich noch deutlich eine graue und am äussersten Horizont eine graubläuliche zackenlose Kette ab. Über Alledem wölbt sich kein tiefblauer italienischer, sondern ein weisslichblauer Himmel, wie ich ihn dann immer so bei Biskra beobachtet habe.

Nun das Bild im Osten. Zwar hatte ich den grossen Atlas zwischen Batna und Biskra mit der Bahn durchschnitten, aber noch keine Schneespitzen gesehen. Nun lagen sie vor mir, eine Reihe von Ketten bis zu über 2000 m. ansteigend, theils spitze Nadelformen, theils Rücken im Längsprofil. Besonders ein Schneeberg fällt ins Auge, eine ganz flache, schneebedeckte Pyramide, die auf einem niedrigen, steil abfallenden Felsensockel ruht. Im ganzen ist der Blick nicht ebenbürtig einer unserer grossen Hochgebirgsansichten, wie der vom Faulhorn oder Brienzer-Rothhorn.

Im Vordergrund sieht man die Station el Kantara und den schon genannten «Mund der Wüste». Man überschaut deutlich die stundenlange, niedrige Kalkkette, in welcher diese Cluse und noch mehrere andere eingeschnitten sind. Sie ist grell beleuchtet, graublau und ganz vegetationslos. Dahinter liegen noch mehrere ähnliche südwest-nordost streichende Ketten, welche schliesslich am Rand der Wüste ebenso abstossen, wie unsere Juraketten an der Ebene. Sie sind röthlich, weiter hinten bläulich gefärbt und ebenfalls vollständig nackt und kahl.

Wohlthuend unterbricht in Südwest ein grösserer, von Grün eingefasster Teich die Öde.

In West und Nordwest liegt zunächst ganz steriles Bergland mit einzelnen dunkelfarbigen Buschgruppen, dann folgt die grosse Ebene des *Chotts el Hodna* in zartesten gelblichen Tönen, dermalig offenbar ohne Wasser. Darüber ziehen sehr langsam auffällige, tiefschwarze Flecken, es sind die Schatten von Cumuluswolken. Dahinter erscheinen in zartesten hellbläulichen Tönen die Ketten des *kleinen Atlas*.

Endlich in Nord und Nordost gegen *Batna* zu sieht man nichts als zerrissene, gelbliche, vegetationslose Bergrücken, eine ungeheure Öde, aber mit grossartiger Perspektive.

---

[1]) Der *Chott Melrir* misst nach Rondaire (La Mission des Chotts) 6700 □km und liegt 24 m. tiefer als der Meeresspiegel. Er ist nach Buory mit einer so reinen, weissen Salzkruste bedeckt, dass er von weitem wie ein gefrorener See aussieht. Seine Gehänge enthalten auch Gyps. Bei Tozeur befindet sich eine Saline.

Das Gesammtbild ist grundverschieden von unseren Alpenscenerien. Es fehlen die grünen Weiden und Waldflächen, die Belebung durch Viehherden und menschliche Ansiedlungen. Der Anblick wäre in seiner Öde unerträglich, wenn nicht in wunderbarer Weise die Farben einen Ersatz böten, Farben von ganz anderer Art wie bei uns und von einer Zartheit der Nuancen, wie sie in unsern Breiten überhaupt nicht vorkommen. Es sind besonders die gelben Nuancen, vom reinen Gelb zu röthlichgelb, braungelb und graugelb, ferner graue und bläuliche Töne in allen Arten. Unser Grün erscheint nur in ganz dunklen Nuancen; über diesen Farbeneffekten vergisst man die Öde.

Ich erwähne noch den Mangel an thierischem Leben, mit Ausnahme krähenartiger Vögel, eines Schakals, der sich, als wir abzogen, sofort über unsere Speisereste hermachte. Schakale sollen hier häufig vorkommen.

Biskra.

Biskra, schon zur Römerzeit ein wichtiger Ort, 111 m. über Meer am Wüstenrand gelegen, ist gegenwärtig von 10000 Einwohnern bewohnt, von denen 432 Franzosen sind, wozu noch die Zuaven- und Spahi-Garnison kommt. Es ist Hauptort eines Militärkreises und liegt am *Oued Biskra,* der im Atlas entspringt. Seinen grossen touristischen Ruf, abgesehen von der Wichtigkeit als Handelsplatz und Ausgangspunkt von Karavanenrouten, verdankt es mehreren Umständen. Seit Eröffnung der französischen Eisenbahn ist es leicht zugänglich, bevorzugt von «globe trotters» wegen seiner eigenartigen Lage am Rand von Wüste und Atlas. Mit Recht heisst Biskra *Wüstenstadt.* In neuerer Zeit tritt sie als klimatische Station auf den Plan, und wird ihr mildes und trockenes Klima hoch gepriesen. Ärztliche Broschüren machen Reklame, besonders noch für die benachbarten heissen Quellen von *Hammam Salahin.* In wie weit Biskra in dieser Beziehung eine Zukunft hat, kann ich nicht sagen, muss aber die Lage der Stadt hochinteressant bezeichnen; ich möchte da ebensoviele Monate zubringen als ich leider nur Wochen verwenden konnte.

Der erste Eindruck, wenn man von der Station zum Hotel fährt, wobei man nur den neuen französischen Theil berührt, hat etwas Badeortmässiges. Ein grosser viereckiger Stadtpark mit Bosquets und Palmen besetzt, von Wasseradern durchrieselt und umgeben von niedrigen Arkaden mit französischen Läden, ferner einige stattliche Gebäude von europäischer Art verrathen, wenn auch nicht die Eleganz

von Interlaken, so doch eine gewisse Behäbigkeit und Wohlhabenheit. Wir schauen in schnurgerade Nebenstrassen mit niedrigen, weissgetünchten Häusern hinein. Das uns empfohlene Hotel *Oasis* ist ein Steinhaus mit breiter Veranda, auf welche die fensterlosen Zimmer mit Glasthüren ausmünden, mit einem 4eckigen grossen Hof, französischer Küche und zum Theil schweizerischer Bedienung, also für uns sofort anheimelnd.

Unser erster Ausgang führt uns auf den Markt, mitten in das echt arabische Gewühl hinein. Da werden Gerste, Weizen, Gemüse, Piperons und vor allem Datteln von den weiss beburnussten Arabern mit lautem Geschrei gehandelt. In langen Reihen stehen hier die Schuhe von Biskra, die Produkte der einheimischen Weberei, Geflechte von Alfa, Sattlerwaren, die arabischen Portemonnaies und Geldtaschen, Handspiegel, Fächer u. s. w. In grossen Schläuchen befindet sich Dattelbrei, der mit Milch zusammen genossen wird, sowie andere Viktualien. Einen originellen Artikel für die Fremden bilden ausgestopfte Eidechsen verschiedener Art, z. B. der Stachelschweif (Uromastyx spinipes) mit seinem stachlichten Schwanze.

Noch sind wir nicht im eigentlichen arabischen Biskra: das sind die Lehmhüttendörfer weiter südlich, die man gut vom Minaret der primitiven Dorfmoschee übersieht. Hier überzeugt man sich, dass Biskra eine Gruppe von Oasen ist, jede mit reichem Palmenstand, zusammen ca. 140000 Stamm, nebst 5000 Oliven. Diese Oasen werden von vielen Bewässerungskanälen durchschnitten, und hier liegen die Lehmhütten der *Biskris* oder Biskrabewohner. Diese Hütten sind äusserst roh, ungetüncht, haben die gelbe Lehmfarbe, oben platt, nach aussen fast fensterlos. Hinter den hochragenden Kronen der Palmen, von denen sich Prachtexemplare bis zu 80 Fuss erheben, breitet sich die fahle Wüste unabsehbar bis zum Horizonte aus. Nur die Palmenwipfel einiger Nachbaroasen, wie Sidi-Okba im Süden und Chetma im Osten, unterbrechen die weite Fläche.

Ersteigen wir die Altane unseres Hotels bei Sonnenuntergang, wie wir es jeden Abend gewohnt waren, so sehen wir ein prachtvolles Bild. Im Osten ragen die bis zum Wüstenrand vorgeschobenen Ketten des grossen Atlas bis gegen 2000 m. empor, in schroffen, nackten Kalkwänden. Dann entwickelt sich ein mir von den «Dolomiten» her wohlbekanntes Schauspiel. Die Kette des *Ahmarkaddou*, d. h. des Berges mit den Rosenwangen, färbt sich beim Untergang der Sonne mattrosenroth, ganz ebenso wie ich es am Rosengarten oder an der

Primörgruppe in Südtyrol sah[1]). Unbeschreiblich ist alsdann das Farbenspiel in der Wüste von zarten blassen, gelblichen, bräunlichen und grauen Tönen. Nicht umsonst liebt der Araber für seine Kleidung die zarten abgetonten Nuancen von Blau, Roth und Gelb mit Verschmähung des Grellen, sein ästhetischer Geschmack ist von der Natur hergeleitet.

In scharf geschnittenen Formen ragen im Westen der Stadt niedrige, kahle Klippenreihen der Montagnes de Sable und des *Col de Sfa* empor. Sind sie auch nur 100 bis einige 100 m. hoch, so charakterisieren sie doch durch ihren scharfen Zuschnitt die Landschaft.

Es sei mir nun gestattet, einige Notizen über Meteorologie, Wasserverhältnisse, Pflanzen-, Thierwelt und Bevölkerung von Biskra anzufügen, dann will ich eine nähere Schilderung der Wüste bei Biskra geben.

Biskra hat, als Folge der französischen Occupation, auch eine meteorologische Station einfacher Art, von Hrn. Colombo besorgt, mit einigen selbstregistrierenden Instrumenten. Hier die Beobachtungen von Colombo, mitgetheilt von Supan:

Die mittleren Monatstemperaturen von Biskra über 12⅛ Jahre (1866—68 und 1875—84) *berechnet aus den mittleren täglichen Extremen, in Celsiusgraden.*

	Min.	Max.	Mittel.		Min.	Max.	Mittel.
Januar	6.9	17.3	12.1	Juli	26.6	40.3	33.4
Februar	8.6	20.0	14.3	August	25.9	39.3	32.6
März	10.8	22.7	16.8	September	22.4	34.9	28.6
April	14.6	26.9	20.8	Oktober	16.2	27.4	21.8
Mai	18.4	31.3	24.8	November	10.8	21.7	16.2
Juni	22.8	35.8	29.3	Dezember	7.2	17.6	12.4

Jahresmittel 21.9

Während meiner Anwesenheit in der ersten Hälfte März 1893 hatten wir immer Mittags einige 20° C. im Schatten.

Das *Klima* von Biskra ist sehr trocken, am trockensten nach Seriziat im Juli, August, November und Januar. Die jährliche absolute Regenmenge beträgt nach Colombo 177 mm., nach Hann 209 mm., also ca. ⅕ bis ⅙ derjenigen von Bern (1020 mm.). Biskra hat 264 heitere und nur 58 trübe Tage (Hann). Am meisten Regen fällt im Februar, März, April, Oktober. Es gibt aber Hochwasser des Oued-Biskra bei

[1]) Unser Landsmann, der Maler Hermengeat, hat in seinen in Oel gemalten Studien von Biskra diesen und andere Effekte gut wiedergegeben.

ganz blauem Himmel, sie kommen aus dem Quellgebiet des Flusses in den hauts plateaux. Schnee und Eis ist eine grosse Rarität, ein Sinken des Thermometers auf 0° gehört zu den Seltenheiten, in der Wüste kommt es wegen kalter Nächte hie und da vor. Nebel gibts nicht, ausser zuweilen über dem Fluss im Herbst und Winter, auch selten Thau.

Die Winde blasen hauptsächlich von Nordwest und Südost, letzterer besonders im Sommer. Es soll überhaupt in Biskra an Wind nicht fehlen und scheint mir dies in sanitarischer Beziehung ein Übelstand zu sein.

Wasserverhältnisse. Wasser ist bekanntlich in der Wüste Bedingung alles Lebens. Die Brunnen werden schon von *Olympiodor* und den arabischen Schriftstellern des Mittelalters erwähnt. Früher schlug der Marabout den Felsen an, jetzt besorgen das Geschäft viel rationeller die Franzosen. Der erste künstliche *artesische Brunnen* wurde 1856 vom General *Devaux* erbohrt. Nichts gab den Franzosen einen grösseren Nimbus in den Augen der Araber, als die Kunst ihrer Ingenieure, Wasser hervorzuzaubern, wo keines sichtbar war, oder es wieder zu erlangen, wo es versiegt war. Mit Freudenthränen begrüssten oft die Araber das ihnen wiedergegebene edle Nass; denn ohne Wasser keine Oase! *Quargla* allein hat 200 artesische Brunnen. Der Überschuss des unterirdischen Wassers von Tougourt bildet einen 10 Stunden langen Lauf. Die Erstellung artesischer Brunnen beruht auf grossen unterirdischen Wasserbecken zwischen undurchlässigen Schichten, wie Thon, etc. Steht das Wasser unter Druck, so springt es nach Durchbohrung der undurchlässigen Schicht; wenn nicht, so entbehrt es der Triebkraft und muss gepumpt werden. An manchen Orten fliesst das Wasser aus den unterirdischen Becken vermittelst trichterförmiger, natürlicher Löcher (die *Bahr* oder *Schreias* der Araber) von selbst ab. Nicht selten verstopft sich der Abfluss, was für die Oase die schlimmsten Folgen haben kann; in diesem Fall gibt es eingeborene Taucher, die in die Trichter eindringen und die Ursache der Verstopfung beseitigen; sie können bis zu 5 Minuten im Trichter aushalten. Es gibt Oasen *Ritan* genannt, welche in künstlich gegrabenen Kesseln angelegt sind, um näher beim Wasser zu sein, z. B. bei *El-Oued,* wo das Wasser 30′ tief lag und keine Triebkraft hatte.

Bei Biskra befindet sich eine Gyps-Krystall- und Sandschicht in 20′ Tiefe. Gyps und Salze sind überhaupt häufig; die Mauern von *Tougourt,* südlich von Biskra, sind z. B. aus Gyps gebaut, was allerdings die Haltbarkeit nicht erhöht.

Die Oasen von Biskra und Sidi-Okba werden durch den *Oued Biskra* bewässert. An ihm liegt aufwärts der Stadt ein Stau- und Sammelwerk (Barrage). Die zahlreichen kleinen Bewässerungsgräben, welche nach den Getreidefeldern und Palmenhainen führen, heissen *Seguia*. Sodann hat Biskra 20 Quellen, 2 km. aufwärts am Fluss gelegen, welche auch im Sommer Wasser führen. Sie haben eine Temperatur von 29½ °, sind gyps- und salzreich, auch Chlormagnesium führend, daher nicht angenehm zu trinken. Die Fremden trinken das importirte Sauerwasser von St. Galmier.

Vegetation und Thierwelt bei Biskra. Ich beschränke mich als Laie in diesen Dingen auf einige Mittheilungen und Notizen, meist nach Schirmer und Seriziat. Flora und Fauna der Wüste sind im Allgemeinen sehr arm infolge der Trockenheit. Es gibt keine 500 Pflanzenspecies in der algerischen Sahara. Die meisten Säugethiere, abgesehen von Kameel, Gazelle, Antilopen, einigen Nagern, fehlen. Auch Mollusken und Vögel sind gering vertreten, am Besten die Reptilien. Durch Anpassung haben Thiere und Pflanzen im Allgemeinen einen besonderen *Wüstentypus*. In der Wüste sind Zwergsträuche häufig, die Blätter der Gewächse sind weiss, gräulich, bläulich, aber nicht grün, ferner schmal, dick und lederartig; es hängen diese auffallenden Erscheinungen mit der grossen Licht- und Wärmeintensität und Trockenheit zusammen. Der Salzreichthum des Bodens hindert die Vegetation. Namentlich wird die starke Verdunstung den Pflanzen gefährlich, und, um diesem Übelstand möglichst entgegenzuwirken, haben sich die Wüstengewächse vermittelst langer Dornen und Reduktion der Blätter, Einrollung und Stellung der Blätter, Gestaltung der Spaltöffnungen, gedrängte Zweigstellung, niedrige Polsterform, lange Wurzeln in wunderbarer Weise angepasst. Alle diese Einrichtungen haben zum Zweck, die Verdunstung auf ein geringes Maass zu reduciren und die Pflanzen dadurch zu schützen. Da mich meine Pflanzenkenntniss hier ganz im Stich liess, so muss ich mich auf wenige Typen beschränken. Salzpflanzen (Salsola etc.) sieht man oft, ferner eine kleine Coloquintenart ziemlich häufig im Wüstensand.

Die *Dattelpalme* gedeiht innerhalb des «Wüstenmundes» bei El Kantara, wie schon erwähnt, ganz plötzlich massenhaft; die Nähe der Wüste und die reflektirenden Kalkwände bedingen eben auch eine namhafte Temperaturerhöhung. Auch *Oleander* ist dort in den trocknen Flussbetten gewöhnlich. Von der Dattelpalme sagt der Araber, sie müsse mit der Wurzel im Wasser, mit der Krone im Feuer stehen, um

reife Früchte zu liefern. Sie kann Kälte unter 6° nicht vertragen. Die Palmen von Biskra sind alle kultivirt. Da es wenig männliche Bäume mit ihren maiskolbenähnlichen Fruchtkolbenständen gibt, so muss die Befruchtung künstlich herbeigeführt werden. Der *Hakem*, eine Amtsperson, besorgt zwischen März und Mai dies Geschäft und die amtliche Beaufsichtigung. Die Haupternte ist im Oktober. Es gibt 53 Dattelsorten in Biskra, die man im Allgemeinen in *weiche* und *trockene* unterscheidet. Die beste weiche heisst *Deglet-Nour*. Die trockenen Sorten sind im Allgemeinen kleiner, haben weniger Zucker und sind haltbarer. Sie werden von den Arabern vorgezogen, die sie mit magerm Fleisch, im Gegensatz zu fettem, oder mit Brot vergleichen.

Die Zweige der Palmen, *Djerets* genannt, werden bekanntlich zu Stöcken verarbeitet; sie bekommen dunkle Flecken, wenn der Baum, z. B. aus Wassermangel, kränkelt. Schöne Stöcke kauft man für 20 ctm. Der Palmwein, *Lakmi* genannt, wird süss und gegohren getrunken, in welch letzterem Zustand er 4—5 % Alkohol enthält. Er ist nicht nach Jedermanns Geschmack.

Das Alfa (*Stipa tenacissima*) wird zur Herstellung von Matten etc. verwendet; Biskra ist dafür die südlichste Station. Von Osttunisien geht Alfa schiffladungsweise nach England. In der Wüste tritt an Stelle von Alfa das «*Drinn*». *Baumwollstauden* werden in der Oase Sidi-Okba kultivirt.

Viel haben die Waden des zu Fuss gehenden Geologen zu leiden von den Stacheln des «Didr» (Zizyphus lotus, Jugubier sauvage), einer Papilionacee. Überhaupt tragen die Mehrzahl der Pflanzen Dornen, z. B. der Agoul (Alhagi Maurorum D. C.). Auch die bekannte «Rose von Jericho» soll hier vorkommen, deren Äste beim Trocknen sich kuglich einrollen und, wenn der Stiel in Wasser gesetzt wird, in Form einer Rose ausbreiten.[1])

Von der Thierwelt habe ich noch weniger gesehen oder erfahren. Auch sie hat mit der Trockenheit zu kämpfen und hat sich in oft wunderbarer Weise *angepasst*. Viele Wüstenthiere brauchen nur in längeren Zwischenräumen zu trinken, das Kameel vermag über 8 Tage, ja 18 Tage nach Rohlfs, ohne Wasser auszuharren. Das *Tedaschaf* besitzt durch veränderten Knochenbau und lange Beine grössere Lauffähigkeit; ähnlich die Springmaus. Bei den Montagnes de Sable sah

[1]) Man kann sie bei Kaufmann E. Bügel in Biel beziehen.

ich *Heuschrecken,* die durch Mimicry ganz die gelbe Farbe des Sandes besassen. Diese Farbenanpassung kommt häufig vor. In Sandlöchern sitzt der *Sandesel,* eine Süsswasserkrabbe. *Scorpione* sind nicht selten; die Jungen von Biskra bringen häufig verschiedene Arten dutzendweis an Fäden angebunden, die von einer Ruthe getragen werden. Die gewöhnlichen *Frösche* quaken in Biskra doppelt so stark wie bei uns, ich weiss nicht, ob es dieselbe Art ist. Von *Eidechsen* kommt der Stachelschweif *(Uromastyx spinipes), Monitor*arten, der Skink (Scincus officinalis) und *Stellio vulgaris* vor. Grosse grüne Eidechsen werden ausgestopft und verkauft. Auch das *Chamaeleon* und *Geckonen* sollen sich finden. Von Schlangen treten *Nattern* und die giftige *Hornviper (Cerastes cornutus)* auf. Die *Schildkröten* sind vertreten. In den artesischen Brunnen soll sich eine Fischart finden und aus den Flüssen auf Spalten hinuntergelangt sein. Zur *Falkenbeize* wird der *Edelfalke* benutzt, es giebt auch *Adler* und *Eulen.* Am 5. März 1893 berührte mich freundlich in Biskra die Ankunft der *Schwalben,* welche auf der Wanderung von Quargla und weiter südlich nach Norden sich befanden. Unter den Vögeln sind am häufigsten die *Steinschmätzer,* die Allerwelts-Sperlinge, sowie die *Oasenwachtel* (Turtur senegalensis). Amseln und Lerchen, Spechte und Kukuk sind selten, zur Dattelreife findet sich in Biskra der *Staar* ein. Der *Strauss* zieht sich nach Süden zurück, die meisten Federn kommen vom Senegal. Unsere Krähen sollen nicht vorkommen.

Von Säugethieren erwähne ich zwei Nager, die Rennmaus *(Meriones pygargus)* und die schon oben genannte merkwürdige hochbeinige Springmaus *(Dipus egypticus)* mit kurzen Vorderbeinen und sehr langen Hinterextremitäten, mittelst letzterer sie sehr rasch springen kann, wobei sie den Schwanz als Stütze und Steuer benutzt. Wir haben auch hier eine Anpassung an die Wüste, indem das Thier nur bei dieser Einrichtung der Extremitäten sich seinen Feinden entziehen kann.

Von Biskra aus wird *Antilopen*jagd (Antilope dorcas) betrieben, *Eber* giebts in den Sümpfen bei Saada, südlich von Biskra, dagegen ist der *Wüstenlöwe* bekanntlich eine Utopie. Nicht vergessen dürfen wir endlich das Kameel, dem der die Gegend zum ersten Mal Besuchende besondere Aufmerksamkeit widmet. Hat er indessen den ersten Kameeltrab «genossen», so vergeht ihm gewöhnlich diese Art von Sport für einige Zeit. Karavanen kommen und gehen. Weisse Thiere (tellis) sind am geschätztesten. Als der Wüste angepasstes Thier

frisst das Kameel auch das holzige und stachliche Gestrüpp der Wüste; Alles ist ihm recht, selten erhält es Stroh oder Gerste und dabei ist es ein unermüdlicher Gänger. In seinem Höcker besitzt es eine Fettreserve, die in Hungersnöthen absorbirt wird.

Biskra und Umgebung hat eine sehr gemischte *Bevölkerung*. Die wichtigsten Typen sind: *Berber*, der Hauptbestandtheil, *Araber* rein oder berberisirend, freigelassene schwarze Soudansklaven, die ein besonderes Viertel in Biskra bewohnen und sich nicht mit einer Berberin verheirathen dürfen, endlich von Negersklaven abstammende Rouaras.

Die *Berber* sind die früheste bekannte Bevölkerung, in Tougourt findet man sie noch von reiner Race, nämlich mit weissem Teint und etwas jüdischen Zügen. Ursprünglich monogamisch und sesshaft haben sie sich derartig mit den Arabern vermischt und ihnen adaptirt, dass man von *arabisirenden Berbern* und umgekehrt spricht. Einen blonden helläugigen vornehmen Berber bewunderte ich oft im Restaurant des Hotels; man zählt in Biskra auf 100 Individuen ein blondes.

Aus der *römischen Epoche* hat man noch die Römerbrücke bei el Kantara; weiter in der Wüste findet sich nichts Römisches mehr. Die letzten Reste der Römer unterwarf der berühmte Nationalheld *Sidi Okba* im Jahre 682. Viele dieser Römer nahmen den Islam an und bildeten den Tribus der *Beni-Rouman*, andere flüchteten in die Berge. Jener Sidi Okba liegt in der Moschee der gleichnamigen Oase begraben; ich habe sie besucht, sie ist die älteste in ganz Algerien, aus Lehm gebaut, länglich viereckig, besitzt eine längliche Halle mit Palmstammsäulen, sowie einen halbdunklen Raum mit 6 uralten Säulengängen.

Im Allgemeinen giebt es viel schöne gutgebaute Leute in Biskra. Die Jugend ist in dieser Fremdenstadt oft recht zudringlich, man wirft wie in Italien den Jungen Münzen in's Wasser. Viertelstundenlang laufen sie mit lautem »Sidi Merci« hinter dem Wagen drein, um einen Sou zu erwischen; in Sidi Okba musste der Ortspolizist Prügel austheilen, um unserer Gesellschaft den Weg zu bahnen; ein andermal wurde ich von radschlagenden Jungens 20 Minuten weit verfolgt. Diese fast nackten Bengel zeichnen sich ebenso durch geschmeidigen Körperbau, wie theilweise durch Frechheit aus. Der Fremdenverkehr wirkt auch hier ungünstig. Eine besondere Klasse bilden die bekannten Tänzerinnen und Freudenmädchen von Biskra. Sie heissen Ouled Nails und gehören dem gleichnamigen im Atlas wohnenden Stamm

an. Ihren Sitz haben sie in einer besonderen Strasse von Biskra, wo gleichzeitig eine Reihe von Schänken untersten Ranges sich befinden. Hier finden ihre Tänze statt, denen selbst prüde Miss von Old-England beiwohnen. Sie haben eine malerische Tracht und werden gegenwärtig von französischen Aerzten sanitarisch controlirt. Nach einiger Zeit gehen diese Mädchen zum Stamm zurück (in dessen Achtung sie nicht sinken) und sollen sich gewöhnlich schnell verheirathen.

Die Wüste bei Biskra.

Zum Verständniss des Reliefs von Nordafrika betrachten wir ein Profil, welches vom Mittelmeer bis in die Mitte der Wüste zum krystallinischen Gebirg Ahaggar geht und 240 deutsche Meilen lang ist. Es schneidet vom mittelländischen Meer den *kleinen und grossen Atlas*, zwischen denen die Hochplateaux liegen. Dann folgt die Depression von Biskra und Tougourt, die im Chott Melrir 32 m. unter Meer (nach Anderen 24 m.) erreicht. Nun hebt sich das Terrain zu ca. 200 m., dem *Plateau bei Quargla*, und dem *Sand-Dünengebiet*. Abermals Hebung zu 3—500 m. zur Steinwüste von *Tinghat*. Darauf eine Depression von 3—400 m.; sodann Ansteigen auf 7—800 m. und nun folgt das bedeutende krystallinische Plateaugebirg von *Ahaggar*, 1500 bis 2000 m. hoch, mitten in der Wüste. Südlich von ihm folgt wieder Flachwüste; daselbst wohnen auch die räuberischen *Tuaregs*, die die Expedition Flatters vernichteten.

Die alte Annahme, die Wüste sei eine *einförmige Fläche*, ist also völlig falsch. Desgleichen ist es unrichtig, dass die Wüste zur Diluvialzeit von Meer bedeckt gewesen sei, es fehlen die Meeresconchylien und Strandbildungen, wie Zittel und die Franzosen, besonders Pomel, es nachgewiesen haben.[1])

[1]) Ganz neuerdings vertritt Ch. Mayer-Eymar (Défense du Saharien, in den Pariser Cpt. rend. 1894) doch wieder die Existenz eines diluvialen Wüstenmeeres, wenn auch nicht in dem weiten Umfang, den man früher demselben gab. Der höher stehende atlantische Ocean soll nach Einbruch der Meerenge von Gibraltar das Mittelmeer geschwellt haben und ein Arm desselben sei von Egypten her nach Westen bis zur algerischen Chottregion vorgedrungen. Er stützt sich auf diluviale Ablagerungen bei Cairo, auf das Vorkommen von einigen Versteinerungen (Cardium edule etc., nach einer älteren Angabe von Desor) beim Chott Melrir und auf ein Bohrloch auf der andern Seite dieses Chotts mit 90 m. mächtigen Planorbis führenden Süsswasserablagerungen. Dies dürfte indessen ein zu schwaches Fundament für die Annahme eines Meeres in der algerisch-tunesischen Chottregion sein. Die Beweiskraft des obigen Cardium edule ist bestritten. Die

Auch die früher angenommene geologische Gleichförmigkeit der Wüste hat sich als Irrthum herausgestellt. Sie ist nichts weniger als etwa eine Art norddeutscher Ebene im Grossen; es sind alle Hauptformationen mit Ausnahme der Trias und des Jura (soweit bekannt) in z. Th. gewaltiger Entwicklung vertreten, so z. B. die palaeozoische Gruppe, die Kreideformation mit dem rothbraunen nubischen Sandstein, die Tertiärformation mit ihren 3 Hauptabtheilungen. Mächtig entwickelt ist das krystallinische Grundgebirg in der schon genannten *Ahaggargruppe;* Basalte kommen vor im *Tibestigebirg.*

Bei Biskra lernte ich kreideartige Bildungen mit Feuersteinen, dem untersten Tertiär (Soissonien) angehörig, kennen, ferner Absätze heisser Quellen, vor Allem aber den eigentlichen Wüstenboden: das durch verschiedene geologische Agentien tiefgreifend veränderte Anstehende, gewöhnlich weithin verschleppt und vertragen durch Wind und Wasserwirkung. Diese Wüstenbildungen werden unsere Aufmerksamkeit vorzugsweise in Anspruch nehmen.

Man unterscheidet folgende Wüstentypen: [1])

Felswüste, arabisch Djebel, Tasili, die gebirgigen und nacktfelsigen Theile.

Steinwüste. arabisch Hamada, Sserir.

Sandwüste, arabisch Erg, Areg.

---

alten Litoralbildungen des Mittelmeeres liegen wenig höher als der jetzige Spiegel (Pomel), Mayer nimmt eine Erhöhung des Spiegels von 200 m. an; Zittel fand keine Uferlinien für ein Saharameer. Die egyptischen Diluvialschichten sind einstweilen noch lokal und gestatten keinen Schluss auf ein grösseres Saharameer. — Was die oft zahlreich lose herumliegenden Versteinerungen der Wüste anlangt, so sind sie nicht diluvialen Alters, sondern durch die Verwitterung älterer Schichten frei geworden. Das Salz der Wüste entstammt ebenfalls älteren Formationen, denn alle Meeresablagerungen enthalten mehr oder weniger Salz. Die Saharameerhypothese, welche einst für die Erklärung unseres *Föhn's* eine so grosse Rolle spielte, ist von fast allen Forschern fallen gelassen worden. — Auch die Idee, das Meer wieder in die flache Depression der Chotts von Osten her einzuleiten, um eine Klimaverbesserung im Grossen zu erzielen, hat sich als unausführbar erwiesen. Vom «Mer intérieur» ist es still geworden; dagegen werden von den Franzosen lebhaft Studien für das Project einer durch die Wüste führenden transsaharischen Eisenbahn gemacht.

[1]) Nach *v. Richthofen* lassen sich folgende Typen unterscheiden: *Eluvialwüsten, Denudationswüsten* und *Aufschüttungswüsten.* Die Formen der Denudations- oder Erosionswüste sind aus den Plateaux gewissermassen herauspräparirt, wodurch isolirte Kuppen «*Zeugen*» entstehen, in welche das Plateau aufgelöst ist und welche gleichsam Zeugniss ablegen für die frühere Ausdehnung desselben.

Lehmwüste, Gebiet der Sebkhas und Chotts (das sind die zahlreich vorkommenden Salzseen, besonders im Süden von Tunisien und Algerien).

Unter *Steinwüste* (Hamada) versteht man die weiten plateauförmigen mit vorwiegend eckigen Trümmern bedeckten, meist ganz vegetationslosen Theile; sie sind der Schrecken der Reisenden mehr noch als die Sandwüste. Flache Erosionsthäler und Tafelberge (stehengebliebene Plateaureste, vide Anmerkung am Schluss) fehlen nicht. In der algerischen Sahara giebt es nach Duveyrier 119 Millionen Hektaren Hamadaplateaux und 45 Hektaren Sandwüste.

Sserir (Kieswüste) nennen die Beduinen die flachwelligen Ebenen, welche mit *runden* Kieseln erfüllt sind.

Die *Sandwüste* (Erg in der westlichen, Areg in der östlichen Sahara genannt) bildet mit Sand und Sandbergen erfüllte Ebenen. Sie stellt weder ein centrales Sandmeer dar, noch entspricht sie einem mit Sand erfüllten Meeresboden. Der Saharasand ist nicht Meeressand. Der feine und gröbere Sand entstand vielmehr und entsteht noch durch Verwitterung der krystallinischen Gesteine und der Sandsteine, wobei durch den Wind eine vielfache Verführung und Sortirung stattfand, in Folge letzterer der leichtere Glimmer und zermahlener Feldpathstaub ausgeblasen wurden. Charakteristisch sind die *Sanddünen,* welche in Form von Hügeln und geraden- oder bogenförmigen Rücken meilenweit sich erstrecken und bis zu 100 Meter hoch werden. Sie bestehen aus einem meist hellen und reinen Sand.

Die *Lehmwüste* hat weniger Bedeutung. Sie geht aus dem Boden der Salzseen hervor, deren viele zeitweilig ganz trocken werden oder auch verschwinden. Solcher Boden ist gyps- und salzreich. Der Typus der Lehmwüste ist in den Niederungen der Chotts im südlichen Tunisien und Algerien entwickelt.

Über die Art der Erosion sind die Ansichten getheilt. Die einen nehmen vorwiegend Wassererosion an, Prof. F. Walther in Jena dagegen fast ausschliesslich «*Deflation*» d. h. die Thätigkeit der bewegten Luft in Aufhebung und Fortführung des lockeren Materials, nach vorhergegangener Zerstörung der Unterlage. Vorbereitende Hauptagentien der Deflation sind *Insolation, grelle Temperaturschwankungen* (vergl. Tabelle pag. 18), *Sandgebläse, ungleiche Erwärmung,* und untergeordnet chemische *Verwitterung.* Dadurch sollen alle Tafelberge und auch die Uadis und Sserirs entstanden sein.

Wenn ich mich nun auch von den ausserordentlichen Wirkungen der Deflation vielfach überzeugt habe, so möchte ich doch die Wasserwirkungen nicht in diesem Grade ausschliessen; es wird noch weiterer exakter Untersuchungen bedürfen, um jedem Agens den ihm gebührenden Antheil zuzuweisen.

Bei Biskra sehen wir diese Typen im Kleinen vereinigt, daher ist es so geeignet zur Orientirung und Jedem zu empfehlen, der die Wüstenphänomene kennen lernen will.

Zu diesem Ende machen wir einige Spaziergänge in die Umgebungen und zwar nach Montagne de Sable, nach Hammam Salahin, vielleicht auch nach dem Kappenberg, nach Sidi-Okba, oder dem eine prachtvolle Übersicht bietenden Thurm bei Col de Sfa und nach der Oase Chetma.

Nach den Montagnes de Sable.

Wir wählen die «Route de Zibans», die westlich des alten Biskra hinaus in die Wüste führt und von Karavanen belebt ist. Rechts haben wir eine ca. 100 Meter hohe scharf geschnittene kahle *Kreidekalkkette*, deren nördlichster Ausläufer den alten Befestigungsthurm beim Hotel Victoria trägt. Ich habe sie als stellenweise stark denudirte *Anticlinale* erkannt. Sie hat einige Einschnitte, die bis aufs Niveau der Wüste heruntergehen. Durch einen derselben fliesst der Abfluss der warmen Quellen von Hammam Salahin. Dorthin steuern wir. Zu beiden Seiten der Wüstenstrasse sieht man, nachdem man die bebauten Felder der Oase verlassen hat, stundenweit das stachliche Zwerggestrüpp in kleinen Gruppen und Polstern, dazwischen Wüstensand. Überall Haufen von Sand bis zu 10 und 20′ ansteigend. Der Sand ist gelblich gefärbt und auffallend rein. Näher an der erwähnten Kette, die uns immer rechts begleitet, werden die Sandmassen immer grossartiger; man sieht, sie sind vom Wind hergeschafft. Charakteristisch sind die bekannten *Windfurchen* im Sand. Ich sah zweierlei Typen: schwach gebogene, oft sich gabelnde Kämme, und gekerbte, welche aussehen, wie wenn man eine etwas flach- und langgestreckte Ziffer 3 mehrfach aneinandersetzt. Letztere sind ebenfalls oft gegabelt. Erstere entsprechen vielleicht ruhiger anhaltender, letztere ungleichmässiger stossweiser Windwirkung.

Salzausblühungen, ferner die sonderbaren Lehmkugeln, von denen noch die Rede sein wird, finden sich hier; man beobachtet die sandfarbigen kleinen Wüstenheuschrecken, die apfelgrossen Coloquinten mitten im Sand, viele bleichfarbige Wüstengewächse mit kleinen fleischigen Blättern. Hier tummelte ein *Spahi* mit wallendem rothem, inwendig weissem Mantel, weissem schwarzumwundenem Turban, blauen *Hosen* und rothen Stiefeln seinen feurigen Araber, eine malerische

Erscheinung. Er begriff nicht, dass ich zu Fuss herum lief, und forderte mich auf, hinten aufzusitzen, was ich aber höflich ablehnte. Ich erkletterte vielmehr auf Schusters Rappen mit vieler Mühe im lockeren Triebsand die Klippenkette an einer Stelle und erhielt einen Begriff von der Gewalt der Staubstürme, die den Sand 100 Meter hoch hinaufgetrieben haben. In Folge dieser Sandfelder an den Gehängen glaubt man von ferne schmutzige Schneefelder zu sehen. Mitten drinnen in der Wüste erscheinen grosse Dünenzüge. Bequemer ist es, den genannten Einschnitt in der Kalkkette zu benutzen, der auf die andere Seite in ein grosses *Sandbassin* führt, welches weiter westlich abermals durch Berge begränzt ist.

Im Einschnitt sieht man vorzügliche *Sandschliffe und Polituren* (vergl. Tafel III). Der Kalkfels ist auf grosse Strecken hin abgerundet, gekörnelt und glatt polirt. Ich unterscheide *glänzende Politur*, besonders an dichten und feinkrystallinischen Kalksteinen, und *matte Politur*, besonders an Sandsteinen und grobkrystallinischen Kalksteinen. Die Sandsteine sind zudem oft mit einer schwarzen Rinde versehen und hauptsächlich östlich von Biskra zu finden.

Man begreift sofort die Möglichkeit des Vorganges, wenn man einen Sandstaubsturm erlebt, wie ich am Anfang März. Der Südoststurm wirbelte förmliche Wolken in die Höhe, sodass die weiteren Umgebungen wie durch einen Schleier erschienen. Bald sind Nase und Ohren versandet, Sand in den Taschen, feinster Staub sogar zwischen Uhrglas und Zifferblatt!

Viele meiner Stücke zeigen feine vom über die Oberfläche hinrieselnden Triebsand erzeugte Rillen und Sculpturen, deren Hervorragungen glänzend polirt sind, während die Zwischenräume matt erscheinen. Breitere Furchen dagegen, wie sie bei uns die beginnende Karrenbildung erzeugt, ferner Vertiefungen an windgeschützten nicht polirten Stellen beziehe ich auf Wasserwirkung. Wir müssen die geringere Häufigkeit des Regens in dieser Gegend bedenken, jedoch ist er immerhin genügend, um Regenfurchen auf dem anstehenden Gestein zu erzeugen; bald tritt aber der wegen Häufigkeit der Winde viel constantere Sandschleifprozess wieder ein, der den Effect des Regens wieder aufhebt, die vom Regen verwischte Politur wieder auffrischt und neue Rillen erzeugt. So wechselt Regenerosion mit Windwirkung, und das Volumen der Felsen nimmt dadurch sehr langsam ab.[1])

[1]) Die erwähnten, auch von Anderen schon beschriebenen Rillen sind etwas verschieden geartet. Die einen länglich gestreckten, tiefer eingeschnittenen, folgen im Ganzen einer Richtung, wobei sie sich allerdings verzweigen und krümmen.

Die Hitze, die im direkten Sonnenlicht eine ausserordentliche Höhe erreicht, bewirkt oft Spaltungen, und Rissigwerden. Die Risse können peripherisch auftreten und ein Abblättern oder sogar ein plötzliches Ausspringen von grösseren rundlichen Segmenten erzeugen, gewöhnlich aber sind sie radial oder stellen sogar ein unregelmässiges polygonales Netzwerk dar (Taf. III Fig. 13 und 14). Bemerkenswerth ist, dass diese Risse der Kalksteine, wie ich beobachtete, zuweilen durch secundären krystallinischen Kalkspath oder verwandte Carbonate wieder zugeheilt sind, eine Erscheinung, die sich *nur durch Wasserwirkung* und ***nicht*** durch Deflation erklärt. Dunkle Steine springen ceteris paribus leichter, weil sie mehr Wärme aufsaugen. Es soll dies sogar unter lautem Knall stattfinden.

Gehen wir nun im erwähnten Sandbassin nach Biskra zurück, wobei wir tüchtig im Sand waten, so fallen uns aus dem Sand hervorragende kantige Gesteinsbrocken auf. Mit grosser Freude erkenne ich sofort die viel besprochenen «*Dreikanter*», wie sie Walther und andere Forscher aus anderen Theilen der Wüste beschrieben haben und wie sie selbst im norddeutschen Flachland und im Rhonethal, sowie bei Wien, auftreten. Sie entstehen bekanntlich, indem der Wind den Schleifsand bald längs der einen, bald längs der andern Seite hintreibt. Dadurch bilden sich Facetten, die, wenn sie zum Schnitt kommen, Kanten erzeugen. So entstehen pyramidale Dreikanter oder auch andere Formen von Kantern. Tafel III (Fig. 6, 9, 10, 11, 12) zeigt einige Beispiele von Kantern, die ich dort gesammelt habe: 9 und 10 stellen Dreikanter dar, 11 und 12 sind oben durch eine Kante abgeschlossen, 7 und 8 sind Kantergeschiebe aus lockerer *sandiger* Grundmoräne von Bern. Dass letztere Windkanter sind, halte

---

Die Furche ist matt, die hervorragende Rippe an der flacheren Seite also einseitig polirt, der Rippenkamm wie abgeschmolzen aussehend. An anderen Stücken ist eine lineare Anordnung nicht ersichtlich, die Sculptur tritt hieroglyphenartig hervor, wie wenn bei Aenderung der Windrichtung die Kämme mehr zerstückelt worden wären. Bei noch anderen sind die Kämme ganz stumpf geworden. Charakteristisch ist auch die feingrubige, wie pockennarbig aussehende Oberfläche vieler Steine, die durch den directen Aufprall der Sandtheilchen erzeugt wird. Diese Grübchen werden auch grösser und treten als regelmässig angeordnete Schüsselchen auf. Regelmässig gestriemt ist Fig. 18, Tafel III.

Rillen, Striemung, Sculptur etc. sind also vorwiegend durch rieselnden und aufprallenden Sand (Sandgebläse), untergeordnet durch Structur des Gesteins und Wasserwirkung bedingt und beeinflusst.

ich zwar für möglich, jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass sie gewöhnliche Gletscherkanter[1]) oder Scheuersteine darstellen.

Alle hier abgebildeten Wüstenkanter bestehen aus hellem dichtem Kreidekalk. Der Kanterschleifprozess war bei dem heftigen Winde in vollem Gange. Überall rieselte der Sand in kleinen Strömen an den Steinen hin. Die Erscheinung fand direkt vor meinen Augen statt. — Sie sehen, wie in Biskra ein einziger Spaziergang, der $^3/_4$ eines Tages in Anspruch nimmt, recht interessante Beobachtungen zu machen erlaubt.

Nach Hammam Salahin (Eaux chaudes) und dem Salzsee.

In Begleitung des Herrn Dr. Fick von Zürich, besuchte ich am 15. März das berühmte arabische Bad Hamman Salahin. Das dahin führende primitive Strässchen führt am Bahnhof von Biskra ab und man ist alsbald in der *Steinwüste*, d. h. einer mit Steinen übersäeten Fläche mit keiner oder kümmerlichster Vegetation; hier und da ist sie von einem Trockenbett (Oued) unterbrochen. Die Herkunft dieser Steine machte mir anfänglich Kopfzerbrechen, sie sind nämlich vorwiegend eckig, also nicht ohne Weiteres als Fluss- oder Brandungsgerölle zu betrachten. Nach und nach bemerkte ich, dass sie vielfach durch die Wirkung der Hitze, der grellen Temperaturcontraste der Wüste und vom Sandschliff veränderte Fragmente anstehenden Gesteins sind, z. Th. allerdings bei Biskra auch durch Wasser herbeigeführt wurden. Man muss nämlich bedenken, dass die Regengüsse in dem vegetationslosen Boden, wie bei uns die Wildbäche wirken. Sie reissen ihn im Nu auf, bilden bald da bald dort vorübergehende Wasserläufe, die für gewöhnlich trocken liegen.

Im Einschnitt eines 20 Schritt breiten Oued sah ich anstehend grünlichen Lehm mit einzelnen Nestern eines weissen mehligen Salzes. Beiläufig sei bemerkt, dass bei Biskra viel Salpeter vorkommt, den die Eingebornen früher zur Pulvergewinnung benutzten, bis es ihnen von den Franzosen verboten wurde, die eine *Salpetrière militaire* eingerichtet haben.

Näher bei den Bädern beginnt ein unregelmässiges Gehügel, welches auf Tafel II den Vordergrund bildet, ein Stück *Plateau- und Erosionswüste*. Ich konnte hier die Schichtenfolge am Ablauf der

[1]) Gletscherkanter sind durch feinsten lehmigen Schleifsand unter dem Gletscher in der Grundmoräne geschliffen, Windkanter durch das Sandgebläse. Beide aber besitzen trotz so verschiedener Entstehung den eigenthümlichen Firnissglanz.

Tafel I. Ausblick in die Wüste Sahara vom Col de Sfa bei Biskra gegen Süden.

Lichtdruck von Brunner & Hauser, Zürich.

heissen Quellen untersuchen. Am 30′ hohen Absturz liegt unten *weisslicher Lehm,* darüber röthlicher Lehm mit Einlagerungen von röthlichen dichten Klebschiefern, dann hellgrünlicher, lehmiger Sand mit weissen, knolligen Kalk- oder Aragonitkoncretionen, hierauf *Thermaltuff* mit Pflanzenstengeln und Schnecken. Er ist schwarz, von zelliger Beschaffenheit und sieht von Weitem wie Lava aus. Das sind wohl Alles Thermalablagerungen.

Das graue, einstöckige, sehr bescheiden aussehende Badehaus bildet ein grosses Carré mit innerm Hof, in dessen Mitte ein schönes Sammelbecken mit heissem Wasser sich befindet, welches deutlich aufwallt und Blasen wirft. Seine Temperatur ist 35° *R.*, der Geschmack salzig. Die primitiven, nicht sehr sauberen Badezellen liegen rings herum und hat jede ein Steinbassin; wir nehmen da ein Bad von 29° R. Am Eingang ist eine Schenkwirthschaft. Die Araber kommen an gewissen Tagen massenhaft heran um zu baden, sie baden auch familienweise im benachbarten Salzsee und halten viel von der Heilkraft des Wassers.

Später begab ich mich nach dem sehr interessanten *Salzsee,* ca. ½ Stunde vom Badhaus entfernt. Wenn ich nicht irre, ist auf Tafel II die Lage desselben durch eine schwache Rauchsäule angedeutet. Überall Thermalablagerungen, salziger und desshalb öder und steriler Boden; im Hintergrund die Kalkkette des *Col de Sfa.* Man durchquert eine kleine Fläche und sieht dann vor sich einen ca. 100′ hohen *Plateauhügel,* in dessen Gehänge Rinnen eingerissen sind, die dem See z. Th. wohl als Ablauf dienen, gegenwärtig aber trocken lagen. Sie gestatten die Beschaffenheit des Hügels zu erkennen. Er besteht unten aus röthlichem, sandigem, kalkreichem Lehm, darauf liegt ebensolcher sandiger, grünlicher, standfester Lehm mit Salzen imprägnirt, dann folgt zuoberst eine Decke von schwarzem zelligem Süsswassertuff, also dieselben Ablagerungen, wie oben angegeben.

Durch den Graben ansteigend, bot sich mir ein interessanter Anblick. Auf dem Plateauhügel liegt in einer kreisrunden trichterförmigen, mit Wasser erfüllten Vertiefung ein *Teich* von etwa 250′ Durchmesser. Der Rand besteht aus thonig-sandig-kalkiger Erde, auf der eine Menge Schnecken herumliegen. Die Temperatur mass ich zu 14¾° R. Der Geschmack des Wassers ist salzig. Der Hohltrichter hat innen noch einen kleinen Absatz. Die Tiefe des trüben Wasserbeckens scheint nicht unbedeutend zu sein.

Das ganze Gebilde ahmt einen kleinen Krater oder ein Mar nach, jedoch ist es aufzufassen als ein von der Therme gebildetes *Becken.*

Diese Therme[1]) ist auffallend kälter als die beim Bad selbst, und kann nicht wohl in direktem Zusammenhang mit ihr stehen.

An diesem Ort will ich noch meine Beobachtungen über Herkunft der *Lehmkugeln,* «Boules du désert» mittheilen, deren eine Anzahl auf Tafel III Fig. 1 bis 5 abgebildet ist. Schon oben erwähnte ich, dass sie bei den Sanddünen vorkommen. Es sind aus einem kalkreichen Lehm bestehende Gebilde von runder oder länglicher Gestalt; zuweilen haben sie auch *Geschossform* Fig. 2. Es sind in ihnen Pflanzenstengel, Schnecken, Kalkstückchen mit Sandschliff etc. eingebacken. Nach einigem Umherlaufen habe ich ihren Ursprung entdeckt. Sie kommen im Abfluss der Thermen vor, der nach längerem Lauf durch die früher erwähnte Kette der Montagnes de sable in die Wüste eintritt und dort bald versiegt. Indem ich diesem Abfluss von aussen gegen innen nachging (er lag dermalen trocken), traf ich bald auf die oben schon erwähnten *Lehmlager, aus denen sie sich bilden.* Abgerissene Lehmklumpen werden im Bachlauf *gerollt* oder in den Thermenbecken bewegt, zum Theil auch vom Winde weitergetrieben. Dabei bekommen sie die rundliche Form und imprägniren sich mit Steinchen, Stengeln und Schnecken. Die conische Endigung (Fig. 2) dagegen kann ich mir nicht anders als durch Sandschliff erklären. Das Thermalwasser mag sie auch noch etwas chemisch verändern, sodass sie den Transport besser aushalten. Sie werden nun theils unterwegs, theils erst draussen in der Wüste abgesetzt; beim späteren Trocknen bekommen sie oft Risse. Das ist das *Räthsel* der Lehmkugeln, welches ich in Biskra aufgefordert wurde zu lösen.

Zum Schluss berichte ich noch über einen kurzen Spaziergang nach dem *Kappenberg* im Osten von Biskra, der in ½ Tag leicht zu machen ist. Der genannte Name ist meine Erfindung; er steht weder auf der Karte noch führt ein Weg hinauf; mich reizte er, weil ich ihn, die Strasse vom Hotel Oasis nach Osten herabschauend, immer als einen Hügel von circa 150 bis 200 Meter Höhe über Biskra vor Augen hatte.

Man passirt den Oued Biskra, was dermalen ohne Brücke möglich war, lässt sich von den Hunden der Nomaden, die dort ihre Zelte haben, anbellen und von Schaaren von Kindern anbetteln, besucht wohl auch eines der Zelte. Weder sie noch ihre Insassen sind sehr appetitlich. Der *Ouedlehm,* das Produkt des Flusses, ist ein fei-

[1]) Ob hier überhaupt eine Therme vorliegt, d. h. ob die Mitteltemperatur höher ist als das Jahresmittel von Biskra, ist mir allerdings nicht bekannt.

Tafel II.

Denudationeformen am Rande der Wüste Sahara
nordöstlich von Biskra

Das zerschnittene Tafelland verdankt sein Relief hauptsächlich der Wassererosion und der Verwitterung (wobei Insolation und grelle Temperaturunterschiede eine wichtige Rolle spielen), untergeordnet auch der Deflation.

ner kalk- und sandreicher Lehm, standfest daher Abstürze bildend. Dass solcher Lehm hier und anderwärts sich auch flächenhaft verbreiten und eine Art kleiner Lehmwüste bilden kann, scheint einleuchtend. Desgleichen sind grössere Flächen mit den runden Flusskieseln des Oued bedeckt, also Sserirflächen im Kleinen.

Ich wendete mich nun nördlich, wo man ein Stück Erosionswüste im kleinen Massstab vor sich hat. Es ist dies das aus einer einheitlichen, schwach gegen die Wüste zu abfallenden Platte herausgeschnittene Haufwerk von Hügeln, mit flachen Kuppen, ein richtiges Erosionsgebirge, am Rand des Atlas. Bei dieser Erosion waren nicht die Winde der Motor für den Schleifsand und die Geschiebe (Ablation), sondern die Wassergerinne; dagegen haben Sandgebläse und Insolation wesentlichen Antheil an den Details der Felsarchitectur. Grosse weisse Stellen an den nackten und kahlen Hängen bestehen aus kreidigem Kalk.

Ich kletterte nun zum *Kappenberg* hinauf und fand dabei folgende Zusammensetzung: In der Basis kreidiger Kalk mit Feuersteinen (unterstes Eocän, Soissonien); darüber heller dichter Kalk z. Th. marmorartig mit Bivalvendurchschnitten. Endlich bildet die Kappe ein grobes Conglomerat von Kalk- und Sandsteingeröllen. Seiner *Widerstandsfähigkeit* verdankt die Kappe ihre Erhaltung. Man sieht deutlich, dass auch andere Hügel solche Kappen tragen; es bildet das Conglomerat eine zusammenhängende gleichhohe Decke, die eben durch die Erosion zerschnitten wurde. [1])

[1]) J. Walther in seiner gehaltreichen Abhandlung «die Denudation in der Wüste» (Abhandlg. d. k. sächs. Acad. d. Wissenschaften XVI, 1891) meint die «Deflation» genüge zur Erklärung solcher Plateaureliefe (Zeugen). Auch zugegeben, dass dieselbe in Verbindung mit Sandgebläse und Insolation ihr Theilchen zur Ausweitung beigetragen hat, bin ich doch überzeugt, dass es sich bei dem zerschnittenen Tafelland, nordwestlich und nordöstlich von Biskra, in erster Linie um Wassererosion handelt. Die klimatischen Verhältnisse (Regenmenge), die unmittelbare Nähe des Atlas, schliessen hier die Wassererosion nicht in dem Grade aus, wie es Walther für die innern Theile der Wüste annimmt. Es trifft hier nicht zu, dass Zeugen in wasserreicheren Wüstengebieten selten seien (vgl. Taf. II u. III), und den Satz: «Ihr (der Zeugen) absolutes Fehlen auf der ganzen Erde mit Ausnahme der Wüsten» (loc. cit. pag. 410), können wir allerdings nicht unterschreiben, so wenig wie den Satz, dass die Bildung von Zeugen *an das Wüstenklima gebunden sei.* Dagegen ist eine Modellirung der Berge bei Biskra durch das «Sandgebläse» mit Bezug auf die feinere Architektur der Felsen und die Gratbildungen zuzugeben. Walthers mit vieler Wärme der Überzeugung und Anschaulichkeit vorgetragenen Ausführungen über Deflation haben mich, so zu-

Die ganze Kappe ist mit oft vom Sandschliff polirten Steinen bedeckt. Besonders interessant sind die Gerölle mit pechschwarzer, sogenannter «Schutzrinde» und mattem Firnissglanz (Tafel III Fig. 18). Es sind dies mit Salzsäure schwach brausende Sandsteine. Inwendig erscheinen sie graugelb und von eisen- und manganschüssigem Bindemittel röthlich gefleckt (wie man unter der Loupe sieht). Eisen und Mangan bewirken, wie man annimmt, die Schwarzfärbung. Sie haben nicht selten Risse, weil schwarze Steine sich stärker als helle erhitzen.

An ganz *reinen* eisen- und manganfreien Kalksteinen und Flint habe ich die Erscheinung der schwarzen Schutzrinde im Gegensatze zu Walther (loc. cit. pag. 460) nicht beobachtet, die Flinte des Suessonien sind nur schwach bräunlich, aber nicht schwarz gefärbt; jedenfalls glaube ich nicht an seine Vermuthung, dass der Eisen- und Mangangehalt *von aussen* durch Staub und Windwirkung dazugekommen sei; er war sicher schon im Stein vorhanden.

---

treffend sie auch in vieler Beziehung sind, doch auch rücksichtlich der heiklen Frage der Entstehung der Thäler im Innern der Wüste nicht völlig überzeugt. Ohne die thalbildende Wirkung dieses Agens als Theilfactor leugnen zu wollen, möchte ich doch den Procentsatz, welcher der Erosion am Gesammteffekt zukommt, Walther gegenüber, vermehren. In dieser Beziehung mache ich geltend, dass Circusformen, abgesehen von den Alpen, in unserem Jura und in der Molasse häufig vorkommen, wo doch Niemand an Windwirkung denkt; ferner dass sich «Säulengänge» sowie kesselförmige Aushöhlungen auch in unserem Jura und in der sächsischen Schweiz an den Felswänden finden. Können ferner nicht *alte* breite Erosionseinschnitte durch Sand eingedeckt und dadurch gewissermassen conservirt worden sein, ist also das Relief der Wüste nicht schon zum Theil älteren vordiluvialen Datums? Müssen so viele Uadis als nur vom Wind aus dem gelockerten Anstehenden herausgeblasen betrachtet werden? Kann man's einem firnissglänzenden Sserirgeröll oder einem verändertem Schotter in allen Fällen deutlich ansehen, dass sie nicht als Flussgeröll hertransportirt wurden und nicht erst sekundär ihre Politur erhielten? Dass die bedeutende Areale einnehmenden Bergländer in der Wüste (Ahaggar, Tibesti, Aïr) und ihr Randgebiet ein anderes meteorologisches und Denudationsregime haben, giebt gewiss auch Walther zu (vergl. auch Schirmer: le Sahara, Cap. IV, les Pluies); warum tritt in den dazwischen liegenden der Deflation preisgegebenen Wüstenabschnitten die Thalbildung so zurück? Doch wohl, weil der Deflation neben der accumulirenden Wirkung eine bedeutende Tendenz zur Verebnung innewohnt, wie ja Walther und Stapff betonen, und sie deshalb nie einen so schneidigen Effekt erzielen kann wie die Erosion es z. B. in unserem schweizerischen Hügelland zwischen Jura und Alpen vermag.

Ausser Frage bleibt natürlich, dass die denudirenden Faktoren in der eigentlichen Wüste, verglichen mit Gegenden ausserhalb derselben, graduell stark verschieden wirken und eine starke Verschiebung zu Gunsten der trockenen Verwitterung und Deflation erlitten haben, wodurch eben viele Eigenthümlichkeiten des Wüstenreliefs bedingt sind.

Der Blick vom Kappenberg in die Wüste hinein ist höchst originell; man sieht die Oasen Chetma und Sidi Okba. Zu Füssen breitet sich *Gestrüpp-* und *Weidewüste* aus, mit den kleinen Polstern von Stachelgewächsen und Zwergbüschen. So unverdaulich diese Vegetation scheint, dient sie doch den Heerden der Nomaden zum Futter. Die Gebirgsbewohner des Atlas ziehen im Winter mit ihren Viehheerden aus den Bergen in die Gestrüppwüste hinaus und lassen sie dort weiden.

Damit schliesse ich meine Reiseerlebnisse und hoffe, dass es mir gelungen ist, Ihnen ein naturwissenschaftlich deutliches Bild vom Wüstenrand bei Biskra zu geben, dessen Besuch ich zum Interessantesten rechne, was ich je noch auf Reisen gesehen.

Nachtrag.

Soeben kommen mir noch zwei neueste Separatabdrücke zu, in deren einem «Ueber Windschliffe am Laufen bei Laufenburg am Rhein» Hr. Dr. J. Früh[1]) die fettglänzenden firnissartigen Gesteinsoberflächen bei'm Laufen als Windschliff deutet. Danach sind solche Erscheinungen unsern Gegenden nicht absolut fremd und es gilt dies, wie oben (pag. 29) bemerkt, auch von der Existenz der Windkanter. Noch möchte ich hier auf das Schneegebläse hinweisen, welches durch Antreiben des körnigen Schnee's an die Felswände in den Alpen entsteht und mechanisch an der Ausbildung der gerundeten Formen mithilft. Der Aelpler sagt: «es guxet», wenn in der Höhe die gefürchteten stossartigen Windwirbel und Schneetreiben wüthen. Der feine Schnee stäubt in Schleiern über die Kämme weg und füttert sich in alle Felsenritzen, wo er dann auch später bei der Insolation schmelzend an der äusseren Architectur der Wände mitarbeitet. Gesteigerte Wirkung der Winde im Gebirg beweisen auch die eigenthümlichen akustischen Phänomene, wie man sie vom Roththal an der Jungfrau und von der Grimsel kennt: das langgezogene «Jehu» der «Grimselstimme», das Pfeifen und Peitschenknallen des gespenstigen Säumers.[2])

[1]) Globus, Band 67, Nr. 8.

[2]) Vgl. Bähler, Mittheilungen über Grimselpass und Grimselhospiz pag. 33. Biel bei E. Kuhn 1895.

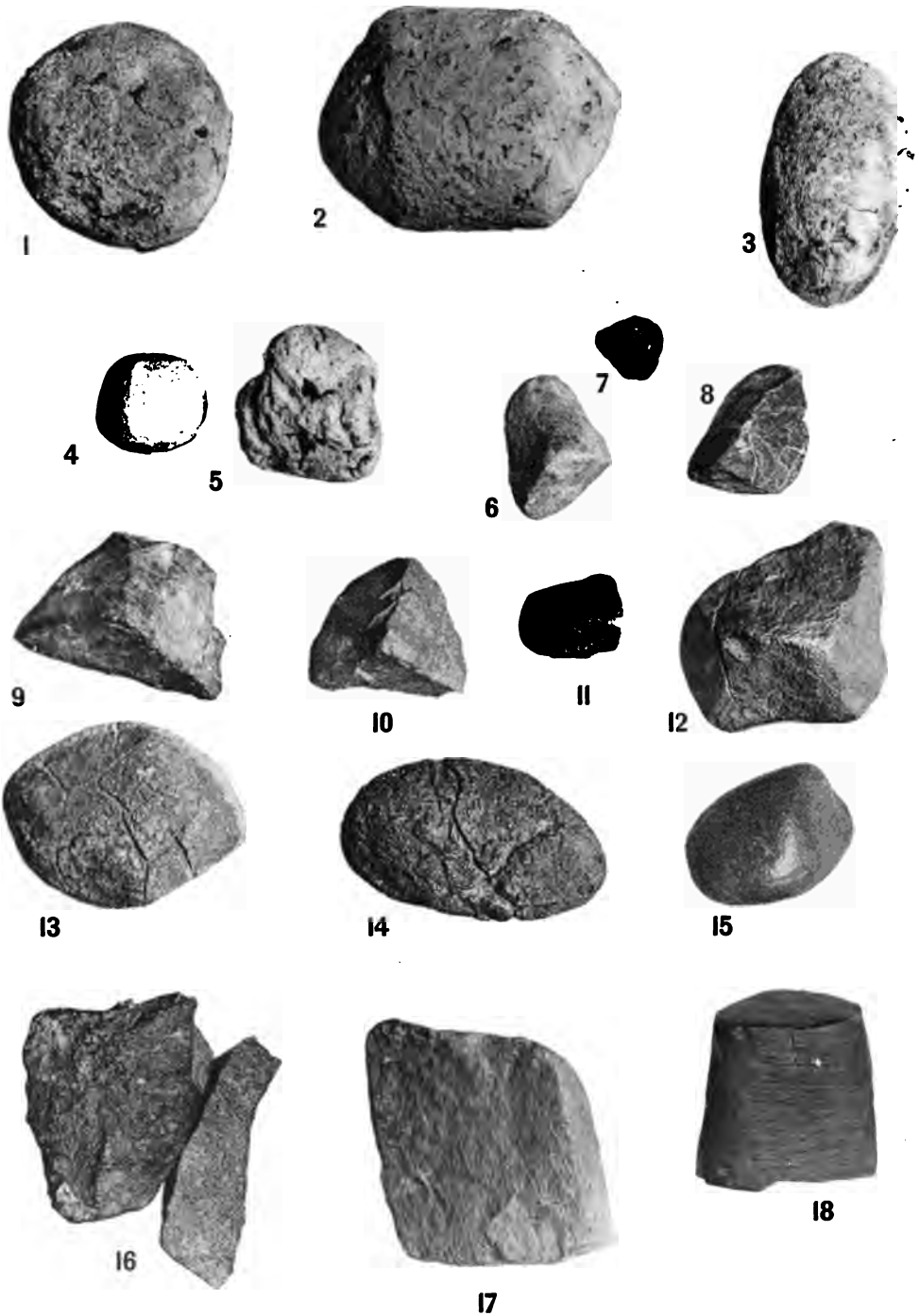
V. Goldschmidt[1]) «Ueber Wüstensteine und Meteoriten» weist auf die Analogie gewisser Oberflächenerscheinungen an den Wüstensteinen mit denen an Meteoriten hin. Die rundlichen Vertiefungen an ersteren werden zum Theil, wie von Walther und O. Fraas, durch schalenförmiges von ungleicher Erwärmung herrührendes Ausspringen erklärt, zum Theil aber auf «bohrende Wirbel» zurückgeführt, indem der vom Wind angeschleuderte Quarzsand in den gebildeten Vertiefungen wirbelförmig umgetrieben wird, während er auf der Leeseite abfliessend die Rillen erzeugt. Dergleichen Vertiefungen kommen nach Goldschmidt nun auch an den Meteoriten vor und sollen auf dieselbe Weise durch Bohrung entstanden sein. Desgleichen glaubt er, dass Rundung der Ecken und Politur der Meteoriten, soweit sie nicht auf Anschmelzung beruhen, auf die Wirbel der gepressten Luft zurückführbar sind.

Meine Kalk- und Sandsteine (Urgebirgsarten sind nicht darunter) zeigen, wie schon oben berührt, die Erscheinung ebenfalls. Die Sandsteine, entsprechend ihrem durch Quarz bedingten feinkörnigen Gefüge, sind in der gewöhnlichen Art feingrubig ausgeblasen. An einigen dichten Kalksteinen zeigen sich grössere und kleinere Schüsselchen bis zu $^1/_2$ cm. breit (Fig. 13 auf der Unterseite), einzelne sind noch grösser (Fig. 12 oben links). Offenbar ist die Gesteinsart und ihre Structur dabei ebenfalls von Einfluss.

Die oben erwähnte «schwarze Schutzrinde» meiner sehr harten und quarzreichen Steine vom Gipfel des Kappenberges (Fig. 18) habe ich mit Korund abgeschabt und untersucht, sie enthält Eisen und *Mangan*. Ausserdem ist sie reich an *organischer Substanz*, erglüht beim Erhitzen mit Salpeter und liefert ein sauerreagirendes Destillat nebst braunen Tröpfchen. Ich vermuthe, dass die schwarze äusserst dünne Rinde im vorliegenden Fall auch auf dem Vorhandensein dieser organischen Substanz beruht, da dieselbe zwar im Innern auch vorkommt, in der Rinde aber, wie ich mich überzeugte, concentrirt ist; merkwürdig ist nur, dass sie nicht oxydirt und ausgebleicht wurde.

Walther sagt: «Es scheint, dass nur eine gewisse Modification der Kieselsäure sich für die Bräunung eignet». Ich glaube vielmehr, dass die Natur des Bindemittels für die Tiefe der Färbung der Sandsteine entscheidend ist.

[1]) Tschermaks min. u. petrog. Mitth. Bd. XIV. Heft 2.



Tafel III. Reduktion $2\frac{1}{2}$ der nat. Grösse.

Wind-, Hitze- und Wasserwirkungen an Steinen aus der Wüste bei Biskra.

Tafel III. *Wind-, Hitze- und Wasserwirkungen an Steinen aus der Wüste bei Biskra* (mit Ausnahme von 7 und 8). Reduktion $^5/_2$ der natürlichen Grösse.

1 bis 5: Lehmkugeln, «boules du désert», von verschiedener Form (eigenthümlich besonders die Form 2 durch Rollung und Windschliff entstanden), vergl. pag. 31.

6. Winddreikanter mit zwei scharfen und einer abgerundeten Kante.

7 und 8 Gletscherkanter (Scheuersteine) von *Bern.* (7 hat stark gerundete Kanten.)

9 und 10 Dreikanter. 9 hat rechts einen sekundär wieder ausgeheilten Riss

11 und 12 Sattelkanter mit hieroglyphenartiger Sculptur; 12 gespalten, links oben mit einer schüsselförmigen Vertiefung. (Sämmtliche abgebildete Kanter sind der Gesteinsart nach Kalk, haben Firnissglanz, Sandpolitur und, in Folge von Sandgebläse, Rillen, schriftartige oder mäandrische Sculptur, sowie Spuren von Regenwirkung.) Vergl. pag. 29.

13 und 14. Durch Hitze und grellen Temperaturwechsel zersprungene Kalkgerölle. (14 rund, röthlich gefärbt; 13 kantig, dunkel auf der Oberseite, auf der Unterseite mit zahlreichen von Wasser herrührenden runden, 1 bis 5 mm. grossen Vertiefungen.)

15. Rothes Kalkgeröll mit Glättung, blatternarbiger Oberfläche und Firnissglanz, durch Wind und feinen Flugsand erzeugt.

16. Anstehender, innen röthlicher, feinkrystallinischer Kalk mit Rillen. Sandpolitur und Glanz auf den hervorragenden Theilen, die Vertiefungen bleiben matt. Vergl. pag. 28 Anmerkung.

17. Grauer, feinkrystallinischer bis dichter Kalk mit maeandrischer Sculptur; hervorragende Theile polirt, Zwischenräume feinporig ausgeblasen.

18. Pechschwarze Rinde an einem innen grauen, mangan- und eisenhaltigen, bituminösen Sandstein, welcher Sandstriemen und mattglänzende Oberfläche zeigt. (Vergl. pag. 34 und Nachtrag).

A. Rossel.

LES PARASITES VÉGÉTAUX
DE LA
VIGNE PROVENANT DE L'INTRODUCTION DE LA VIGNE AMÉRICAINE
ET LES
MOYENS DE LES COMBATTRE.
Épidémie du Mildew en 1894.

Conférence faite dans la Séance du 27 Octobre 1894.

Nous appelons nouveaux parasites de la vigne ceux, qui ont été, comme c'est démontré par l'évidence, *introduits par les vignes américaines* en Europe. Ce sont le Black-rot, le Peronospora viticola et l'Oïdium Tuckeri. Ces maladies n'existaient pas chez nous avant 1840 et les deux premières avant 1860.

Le Black-rot a été découvert pour la première fois au mois d'août 1885 par M. M. P. Viala et L. Ravaz. [1]) Cette maladie est la pourriture noire des raisins qui cause de grands ravages aux Etats-Unis; elle est avec le mildiou (Peronospora viticola) le plus grand obstacle à la culture de la vigne en Amérique. *Cette maladie n'a pas encore fait son apparition en Suisse.* M. Viala a constaté sa présence dans le département du Hérault le 11 août 1885 chez M. Ricau Henri, régisseur du domaine de Val-Marie à Ganges.

Les grains présentent une petite tache rouge qui s'étend sur *toute la surface* de celui-ci en 2 jours; le grain est comme pourri, il se flétrit, se dessèche au bout de trois ou quatre jours et devient *noir foncé.* La surface est alors recouverte de taches noires, très nombreuses et visibles à l'œil nu, qui sont constituées par les organes fructifères du champignon qui cause le Black-rot; le Phorna uricula, décrit par M. Viala.

[1]) Extrait des comptes rendus de l'Académie des sciences du 7 septembre 1885. Note présentée par M. van Fieghem.

Les fructifications sont distribuées indifféremment; les unes sont des *pyramides* avec *stylospores* ovoïdes, incolores (diamètre 0,0045^{mm} à 0,0093^{mm}) et fixées sur de fins stigmates, les autres sont des *spermogonies* avec spermaties en bâtonnets très ténus et incolores. L'enveloppe épaisse de ces anceptacles est percée à un sommet d'une ouverture par où sortent en grand nombre les corps reproducteurs.

Le Black-rot n'a aucune analogie avec *l'anthracnose* et le *Peronospora viticola*. Sa gravité serait tout aussi grande que celle de ce dernier, si son extension était aussi rapide.

Les traitements sont ceux proposés pour le Peronospora viticola, l'emploi des sels de cuivre.

L'Oïdium Tuckeri a été découvert en 1845 par un jardinier du nom de Tucker dans les serres de Margate, localité située à l'embouchure de la Tamise; en 1847 on constatait la maladie dans les serres de M. de Rotschild à Suresne. En 1850 la maladie se répandait dans les vignobles de la Seine.

En 1851 l'invasion des vignobles de l'Europe était générale; en 1852, 1853, 1854, 1855 et 1856 les vignobles du midi de la France ont beaucoup souffert.

La maladie est très bien étudiée et décrite; elle altère les raisins, les feuilles et les rameaux et peut provoquer la perte complète des récoltes. Berkeley a constaté qu'elle était occasionnée par un petit champignon appartenant au groupe Oïdium; depuis lors Tulame, Béranger, Trévisan en ont fait la description et rapportèrent le champignon au genre Erysiphe, de la famille des Erysiphes, groupe des Perisporiacées, ordre des Acernycètes; mais le nom d'Oïdium Tuckeri est resté populaire.

D'après G. Foës (cours de viticulture) *l'Erysiphe Tuckeri* est très distinct de *l'E. communis* des pois et des liserons; il est bien constaté qu'il est particulier à la vigne et importé de l'Amérique.

Il est formé d'un *mycelium*, formé de filaments fins, nombreux et ramifiés en tubes non cloisonnés. *Il ne pénètre pas les tissus*, on trouve sur les filaments des renflements en forme de petites pelotes qui jouent le rôle de suçoirs et prennent la nourriture dans les cellules de l'épiderme de la vigne.

Les filaments se développent en grand nombre et forment à l'œil nu comme une toile d'araignée. Les cloisons se limitent et forment des spores qui se détachent et fructifient à une température de 23 à 25 degrés centigrade en présence de l'humidité.

On a remarqué que l'oïdium se multiplie, surtout là où les racines prennent peu d'humidité, par conséquent aux treilles; les soins donnés à la culture, le travail rationnel de la terre sont de bons remèdes contre l'oïdium; là où l'épidemie prend une forte extention on l'entrave par le soufrage, c'est à-dire que l'on répand de la poussière de soufre sur toutes les parties vertes dès les premiers symptômes de la maladie et on renouvelle l'application chaque fois que l'oïdium reapparaît sur les ceps.

Chez nous les attaques d'oïdium sont moins dangereuses que précédemment et présentent moins de dangers sérieux dans les vignes.[1])

Il n'en est pas de même du Peronospora viticola qui, si nous ne traitons pas nos vignes d'une manière rationnelle, tend à détruire pour toujours le vignoble européen.

En 1873 Cornu rendait attentif, dans un travail destiné à l'Académie des sciences, que la grande quantité de vignes américaines, introduites en Europe par suite de l'épidémie du phyloxera, ne manqueraient pas, si on n'y prenait garde, d'y introduire une autre maladie tout aussi dangereuse: le mildew, car il avait constaté, ainsi que Farlon, que le Peronospora se trouvait sur presque toutes les variétés de vignes américaines. En 1878 Planchon a constaté la première épidémie de mildew sur des Jaquez en France; en 1879 l'extension devenait déjà considérable, on constatait le Peronospora dans le département du Rhône, à Yenne en Savoie (Baisset), en Italie à Boghera près de Pavie (Pizotta). En 1880, Prilleux constatait la présence du parasite en Vendôme (Loire et Cher), dans la Touraine près de la ville de Tours ainsi qu'à Mettray en Indre et Loire. En même temps on le signalait en Algérie pour la première fois, et ce n'est que le 13 juin 1881 qu'il fit également pour la première fois son apparition en Grèce. En 1882 il dévastait une partie du vignoble d'Alsace et en 1883 il était partout en Europe où l'on cultive la vigne. Les premières fortes épidémies en Suisse datent de 1885 et 1886.

Lors de l'épidémie les feuilles présentent à leur face intérieure des taches blanches, ayant l'aspect de moisissure. A la face supérieure

---

[1]) En 1894 l'épidémie a été assez forte entr'autre dans le canton de Vaud. M. Henri Mercanton à Cully a proposé et introduit un moyen aussi simple qu'ingénieux pour sulfurer les ceps de vignes. L'ouvrier porte à chaque main un sac rempli à moitié de fleur de soufre, il marche lentement entre deux rangées de ceps et secoue videmment les sacs au dessus des plantes. Le travail se fait de cette façon d'une manière satisfaisante.

correspondent des taches rouges, et peu à peu la feuille se dessèche de sorte que, si l'épidémie est considérable, bientôt toutes les feuilles tombent, la respiration cesse, le fruit ne mûrit pas et la récolte est perdue.

La maladie peut s'étendre sur les raisins, c'était le cas en 1894; les grains ne sont atteints qu' à l'état jeune et assez rarement. L'aspect des grains est alors très caractéristique, on remarque à la surface des brunissements et des durcissements de la peau; il suffit de placer les grains à une température de 23 degrés centigrades sous une cloche de verre avec un peu d'eau pour constater le développement du mycelium à l'intérieur.

Le mycelium vit donc à l'intérieur du grain et de même à l'intérieur de la feuille, ce qui fait la grande différence entre le développement de l'oïdium et du Peronospora.

Les spores se déposent à la surface *supérieure* de la feuille, de là le mycelium *pénètre* dans la feuille, détruit les cellules non seulement de l'épidèrme, mais de l'intérieur et apparaît sous la feuille sous forme d'efflorescence blanche.

Les efflorescences forment une végétation luxuriante formée de ramicelles, chargée de spores ovoïdes. Nous donnons ici un dessin du parasite très agrandi, ainsi que des spores et œufs d'hiver (oospores).

Le Peronospora se développe actuellement partout dans les vignes où la température atteint 20 à 30 degrés *par le vent du sud humide;* le vent du nord *sec* tue la maladie, l'abaissement de température lui est également défavorable. L'influence du Peronospora sur le vignoble est considérable, aussi a-t-on dû chercher un remède à la maladie et celui-ci a été trouvé dans les sels de cuivre.

Les moyens pour combattre le Peronospora consistent donc d'abord dans une bonne et rationnelle culture, en second lieu dans le traitement des vignes par les sels de cuivre.

Ce dernier traitement est un travail nouveau, qui ne peut plus être négligé, le sulfatage de la vigne est aussi nécessaire que tout autre travail à faire dans le vignoble. Négliger le traitement des vignes peut avoir pour la récolte des conséquenses très fâcheuses. En 1894 les vignes non sulfatées ont perdu en Suisse la moitié de la récolte et les vignes sulfatées trop tard un bon tiers; seules les vignes sulfatées à temps ont donné une quantité et une qualité normale.

Le sulfatage a lieu au moyen d'une aspersion d'oxyde de cuivre hydraté en suspension dans l'eau au moyen d'un pulvérisateur.

L'oxyde se prépare en précipitant une solution de sulfate de cuivre par un lait de chaux (bouillie bordelaise) ou d'azurine (sulfate de cuivre ammoniacal). Le premier produit contient pour 100 litres d'eau 3 kg. de sulfate de cuivre et 3 kg. de chaux, préalablement éteinte et tamisée. L'azurine contient pour 100 litres d'eau 500 gr. de sulfate de cuivre et la quantité d'ammoniaque nécessaire pour dissoudre exactement l'oxyde de cuivre hydrate produit en précipité par l'ammoniaque.

La bouillie bordelaise a le défaut de sécher par le vent du nord et d'être chassée par le vent, de sorte que les traitements doivent être fréquents, l'azurine celui d'être assez facilement lavée par l'eau de pluie, de sorte que plusieurs traitements sont également nécessaires.

M. Siegwart, chimiste à Schweizerhall, qui s'occupe beaucoup de cette question, a introduit pour la première fois en Suisse l'azurine concentrée; depuis cette année il fabrique, sous le nom *d'azurine bordeaux*, un liquide qui dépose des taches d'oxyde de cuivre hydraté qui tiennent sur la feuille beaucoup mieux que les préparations faites jusqu'ici.

Les traitements doivent être préventifs, c'est-à-dire qu'ils doivent avoir lieu avant l'apparition de la maladie; une feuille atteinte ne peut plus être sauvée par le sulfatage; un sulfatage tardif peut avoir encore un bon effet, mais la mauvaise influence du mildew se fera toujours sentir sur la quantité et la qualité du vin. Il faut donc sulfater tous les ans régulièrement avant le 15 juin dans nos contrées pour la première fois et fin juillet pour la seconde fois; quelquefois, si le temps devient chaud et humide, un troisième sulfatage est indiqué.

Nous espérons que le sulfatage Siegwart permettra de sulfater moins souvent, ce qui économisera la main d'œuvre.

On s'est demandé si les sels de cuivre employés régulièrement à la désinfection, géneraient le développement de la vigne. L'expérience a démontré le contraire, il semble même que les sels de cuivre sont favorables au développement des plantes et particulierèment du vignoble. C'est du moins ce que semble démontrer le savant travail du professeur Tschirch de l'université de Berne qui s'est occupé particulièrement de l'influence des sels de cuivre sur la végétation.

Il fallait aussi savoir si les sels de cuivre pourraient être remplacés par un autre désinfectant. C'est M. le Dr. Wütherich de Berne qui s'est chargé de ce travail, qu'il a exécuté dans les laboratoires de l'université de Berne. Il s'est surtout occupé du Peronospora infestans

de la pomme de terre et il a établi d'une manière certaine qu'aucune substance ne pourrait remplacer les sels de cuivre, sans en excepter le lisol que l'on recommande dans les derniers temps. Nous recommandons la lecture de ces deux savants travaux à ceux qui s'intéressent à cette importante question.

Il nous reste à constater quelle a été l'influence du mildew sur le développement des raisins en 1894. Nous avons fait l'analyse des raisins de vignes non sulfatées, et voici le résultat de nos recherches.

Pour les vignes en bon état, le poids de la vendange pressée des blancs s'est élevé jusqu'à 82 degrés à l'éprouvette normale, ce qui indique 16,4% de sucre, qui donneront par la fermentation 10,2 % d'alcool, ce qui dénote une belle maturité. Pour les vignes même faiblement atteintes, le degré est descendu à 70 et 72 degrés à l'éprouvette normale, ce qui représente 14 à 14,4 % de sucre ou 1,25 % d'alcool en moins. Les rouges traités et bien exposés (Pinot noir de Bourgogne, Klevner, Savagner) ont donné, comme l'année dernière, d'excellents résultats; on signale même à Douanne un rouge qui jauge 100 degrés, ce qui serait tout à fait hors ligne. Un vin de 100 degrés correspond à 20 % de sucre ou 12,5 % d'alcool en volume.

A côté de ces vins, il en existe qui ont fortement souffert de la présence des vins mildiousés et ceux-là seront facilement reconnaissables au goût, car le degré descend quelquefois jusqu'à 45 ou 50 degrés, ce qui équivaut à 10 % de sucre maximum. En même temps ces vins sont très acides: J'ai fait cette semaine une analyse détaillée de raisins mildiousés non traités, pris en vigne le 22 octobre 1894; voici les résultats obtenus, qui démontrent, combien la présence de ce raisin, même en petite quantité, peut influencer sur le raisin de bonne qualité dans la vendange quand elle en contient:

Poids spécifique, 1,028.
Degrés à l'éprouvette, 28 degrés (température normale).
Sucre 5,3 %.
Alcool après fermentation, 3,5 % en volume.
Acidité 19,275 ‰ ou grammes par litre!!

Il était important de constater à quel état se trouvait l'acidité, car on sait que dans les raisins mûrs l'acide est presque tout entier à l'état de tartre, c'est-à-dire de tartrate acide de potasse, en d'autres termes, qu'il est en partie neutralisé par une base, la potasse, qui lui enlève sonâc reté et contribue à donner au vin ses qualités hygiéniques;

or, l'analyse des produits de l'acidité des raisins mildiousés et non sulfatés a donné comme résultat:

acide tartrique à l'état de tartre 7,896 grammes par litre; de sorte qu'il se trouve dans ce liquide près de $2^1/_2$ fois plus d'acide libre que d'acide combiné sous forme de tartre et qu'un vin de cette catégorie, quoique pur, serait déclaré falsifié en cas d'analyse officielle. J'ai tenu à constater ces faits, car on doute encore dans certains milieux qu'il s'agisse d'une maladie nouvelle de la vigne, et c'est cette erreur qui a fait que les vignes, l'année dernière, ont été incomplètement traitées, ce qui a occasionné pour le vigneron une très grande perte.

Dans les cantons de Zurich, Vaud et Valais les traitements des vignes aux préparations de sulfate de cuivre sont obligatoires et les vignerons s'en trouvent parfaitement bien; d'autres cantons, entre autre le canton de Berne, ne veulent pas se soumettre à cette obligation, malgré l'initiative prise par les chefs des Départements de l'agriculture. Une pareille opposition n'est pas justifiable, surtout en présence des résultats néfastes donnés par les vignes non sulfatées en 1894.

Signalons en terminant le remarquable travail de M. Rumm fait à l'université de Berne sur l'influence des sels de cuivre sur les spores de parasites. Le travail d'une valeur scientifique et pratique incontestable constate que la bouillie bordelaise n'a d'effet qu'en tant que l'oxyde de cuivre tient fortement sur la feuille. La bouillie lavée, c'est-à-dire l'eau de lavage qui découle de l'oxyde de cuivre est sans effet sur les spores.

Le travail pratique de désinfection doit donc se faire de manière à ce que les gouttes d'oxyde de cuivre soient aussi près l'une de l'autre sur les feuilles de vignes et qu'elles résistent au vent et à la pluie.

Pour l'essai des différents liquides cuivreux employés contre le Mildew, je fais l'expérience suivante:

Les liquides dilués d'après la méthode ordinaire et indiquée par l'expérience sont avec une petite brosse trempée dans le liquide et secouées violemment, projetés en fine goutte sur une plaque de verre de vitre. Après avoir laissé sécher on donnera la préférence au produit donnant les taches les plus adhérentes et dissolvant le moins facilement dans l'eau, à la condition toutefois qu'il contienne la quantité de sulfate nécessaire.

M. Rumm par son observation basée sur une étude vraiment scientifique a rendu un véritable service à l'agriculture.

R. Zeller.

Ein geologisches Querprofil durch die Centralalpen.

Einleitung.

Die historische Entwicklung der Alpengeologie zeigt, dass bei der geologischen Erforschung *kleinerer Gebiete* die Darstellung der thatsächlichen Verhältnisse in gleichem Maasse durch Karten und Profile geschah; wo es sich dagegen darum handelte, zusammenfassend den Bau eines *grossen Alpenstückes* zur Anschauung zu bringen, eilte die Karte dem Profil voraus. Denn eher kann man aus Specialkarten eine Übersichtskarte kombinieren, als aus verschiedenen Lokalprofilen ein grosses Übersichtsprofil zusammenstellen. Jene ist weit mehr nur die Wiedergabe des thatsächlich Beobachteten, während beim Profil die persönliche Auffassung stark mitspielt, und deshalb Profile verschiedener Autoren noch schwieriger in Übereinstimmung zu bringen sind als ihre Karten. Dazu kommt auch der Umstand, dass man beim Profil mehr oder weniger an eine Linie gebunden ist und die Lokalprofile nicht immer jene Gegenden schneiden, die man bei Herstellung eines grössern Profiles berührt. So ist es begreiflich, dass es schon lange geologische Übersichtskarten der Alpen gab, bevor von Giordano [1]) im Jahre 1873 der Versuch gemacht wurde, ein Querprofil vom Nordrand der Alpen bis zur lombardischen Tiefebene durchzulegen. Und doch ist nichts so sehr geeignet wie ein durchgehendes Profil, um die Grundzüge im Bau der Alpen, die Verteilung der Gesteinsarten und ihre Lagerung, die Verbindung der verschiedenen Zonen untereinander und ihre Bedeutung als Teil des Ganzen dem Beschauer vor die Augen zu führen. Eine langatmige Beschreibung hat hier so wenig Wert wie etwa Spekulationen über die Grenzen der Festländer alter Formationen ohne den Versuch kartographischer Darstellung. Ein Gesamtprofil muss stets präcis sein und kann nichts verschleiern oder unter allgemeinen Redensarten verdecken. Endlich ist es, wenn auch empirisch gehalten, sehr geeignet, theoretische Fragen zu beleuchten oder neue aufzuwerfen.

[1]) F. Giordano, Esame geol. della catena alpina del San Gottardo.

Der Erfolg, welcher z. B. Heims Querprofil durch den Nordabfall der Centralalpen [1]) zu teil geworden ist, gilt nicht so sehr der Darstellung der speciellen Verhältnisse des Reussthales, als vielmehr dem Versuch, ein allgemeines, theoretisches Bild des Gebirgsbaues der Schweizer Alpen zu geben. Der schon existierende Gedanke des Zusammenhanges der passiv gefalteten Massive untereinander wurde hier zum deutlichen Ausdruck gebracht, und es ist deshalb dieses Profil, obschon es die Alpen nicht ganz durchschneidet, in alle grösseren Hand- und Lehrbücher der Geologie übergegangen.

Warum nicht schon das Profil von Giordano dieses Erfolges teilhaftig geworden ist, begreift sich, wenn man bedenkt, dass diesem Autor nur sehr lückenhafte und oberflächliche Detailaufnahmen zu Gebote standen, indem sein Profil Gebiete berührt, deren äusserst verwickelter geologischer Bau erst in neuester Zeit klargelegt worden ist.

Unterdessen ist man uns in den Ostalpen zuvorgekommen. A. Rothpletz hat im Jahre 1894 einen Querschnitt durch dieselben veröffentlicht, der uns in äusserst deutlicher Weise jene Vorteile von Übersichtsprofilen zeigt, die wir oben kurz angedeutet. Besonders wohlthuend wirkt in diesem Querschnitt die ausgesprochene Absicht, nur das Thatsächliche zur Darstellung zu bringen und die theoretische Spekulation vollständig dem Beschauer zu überlassen. In dieser Beziehung setzt er sich in direkten Gegensatz zu dem oben erwähnten Heim'schen Profil.

Ein mit dem letzteren in der Richtung zum Teil übereinstimmendes Profil ist in neuester Zeit durch C. Schmidt [2]) zu einem reellen durchgehenden Querschnitt und zwar im Sinn und Geist der heute herrschenden Ansichten über die tektonischen Probleme ausgearbeitet worden. Es liefert dieses Profil den Beweis, wie instruktiv solche Übersichten über den Bau der Centralalpen sind, und selbst wenn die vorliegende Arbeit nicht schon bereits bei der Publikation des Schmidtschen Profiles in den Aufnahmen vorgelegen hätte, so würde letzteres Profil erst recht den Anstoss zur Aufnahme eines zweiten gegeben haben.

Denn obwohl im grossen und ganzen, namentlich was die Zusammensetzung der Zonen und ihre Aufeinanderfolge anlangt, zwischen dem Aarethal und dem Reussthal Übereinstimmung herrscht, sind doch im einzelnen die tektonischen Verhältnisse so verschieden, dass es sich

[1]) Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Atlas. Taf. 13. Fig. 13.

[2]) Livret-Guide géologique de la Suisse. Exkursion 8: C. Schmidt, Centralalpen.

durchaus lohnt, eine eigene Profillinie durch die westlichen Centralalpen zu legen. Zugleich will meine Arbeit ein eigentliches Querprofil sein, entlang einer geraden Linie, und nicht eine Art Sammelprofil tektonisch interessanter Stellen, die oft in der Streichrichtung weit auseinanderliegen. Zwar können ja Abweichungen von einer geraden Projektionsebene nie ganz vermieden werden, sofern nicht das Profil darunter leiden soll; immerhin durften sie nicht zu häufig und nicht zu gross sein.

Eine Linie, welche diesen Bedingungen vorzüglich entsprach, war die gerade Verbindung der Orte Solothurn, am Südabhang des Jura, und Arcisate, ein Städtchen in der Nähe von Varese. Die Projektionsebene ist, können wir auch sagen, die gerade Verbindung der Städte Solothurn und Mailand. Ihre Richtung ist N 34° W—S 34° E, also annähernd senkrecht auf das Streichen der Alpen. Die gewählte Linie erwies sich bei der Arbeit wirklich so günstig in Bezug auf die nicht zu umgehenden Abweichungen, dass diese nur ganz selten den Betrag von 4 km. erreichen und ihn, abgesehen von den im Hintergrund projizierten Gebirgen, nie überschritten.

Ganz neu aufgenommen sind der Querschnitt durch die Faulhorngruppe und die Strecke vom Rhonethal bis zum Langensee. In den übrigen Stücken wurden entweder bereits vorhandene Lokalprofile unverändert eingesetzt oder aber, wo solche zu weit von der Projektionsebene abweichen, auf Grund der vorhandenen Aufnahmen, sowie eigener Begehungen ein neues Profil konstruiert.

Als kräftiger orographischer Abschluss des schweizerischen Molasselandes wurde die erste Jurakette, der geologisch wie landschaftlich klassische Weissenstein nach den Aufnahmeu von Lang [1]) in das Profil einbezogen. Für das Molasseland bis Marbach ist die eigene Profillinie aufgenommen worden mit thunlichster Berücksichtigung der einschlägigen Arbeiten F. J. Kaufmanns [2]). Der letzte Teil der subalpinen Molasse und die erste Kreidekette wurden direkt nach Kaufmann kopiert, am Brienzergrat hingegen diente wieder die Projektionsebene als Grundlage. Der Querschnitt durch die Faulhorngruppe ist, wie bereits bemerkt, ganz neu und er hat auch trotz der seither erschienenen Publikation von C. Mœsch [3]) nichts an Neuheit

[1]) Lang, Geolog. Skizze der Umgebung von Solothurn.

[2]) F. J. Kaufmann, Gebiete der Kantone Bern, Luzern etc. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. Lief. 11.

F. J. Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden etc. Ebend. Lief. 24. I.

[3]) C. Mœsch, Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss- und Kienthal. Ebenda Lief. 24. III.

verloren. Für das ganze Aarmassiv konnte das entsprechende Profil von A. Baltzer[1]) direkt eingesetzt werden. Für die Strecke Rhonethal-Langensee, die ganz auf eigenen Aufnahmen beruht, waren ausser der geologischen Karte im Massstabe 1:100000 und den dazu gehörigen Texten von Gerlach[2]) und Rolle[3]) fast keine Vorarbeiten da, und es dient dieses Stück zur Ergänzung der seither erschienenen Profile von C. Schmidt[4]). Der letzte Abschnitt endlich durch das Luganer Eruptivgebiet beruht fast ganz auf den Arbeiten von Taramelli[5]), Harada[6]), Steinmann und Schmidt[7]), weniger auf eigenen Begehungen.

Die Aufnahmen wurden im Sommer und Herbst des Jahres 1893 gemacht und sie konnten bei der für geologische Exkursionen ausserordentlich günstigen regenlosen Witterung zum Abschluss gebracht werden. Die petrographische Untersuchung der Gesteine und die Verarbeitung der Aufnahmen, welche im geologischen Institut der Hochschule Bern vorgenommen wurden, sowie anderweitige Beschäftigung verzögerten die Vollendung der Arbeit bis zum Frühjahr 1895.

Noch einige Worte über die Konstruktion. Das Profil wurde zuerst im Massstab 1:25000 entworfen und dann auf 1:100000 reduziert. Die Skala folgt im allgemeinen derjenigen der neuen geologischen Karte der Schweiz von Heim & Schmidt (1:500000). Es wurde davon abgesehen, die Erdkrümmung zum Ausdruck zu bringen, weil sich bei der Berechnung ergab, dass der entstehende Bogen viel zu flach sei, um wirksam hervorzutreten.

Hervorzuheben ist endlich noch der empirische Standpunkt, von dem aus das Profil gezeichnet wurde. Absichtlich sind die Luftsättel auf das Nötigste beschränkt, und die so beliebten Bögen über die Centralmassive sind, als der theoretischen Spekulation angehörend, ganz weggelassen worden. Das Profil sucht nur das Thatsächliche zu geben und es schliesst sich in dieser Bestrebung mehr an den Rothpletz'schen Querschnitt durch die Ostalpen an als an die Profile von A. Heim und C. Schmidt.

---

[1]) A. Baltzer. Das mittlere Aarmassiv etc. Ebenda. Lief. 24. IV.

[2]) H. Gerlach. Die Penninischen Alpen. Ebenda. Lief. 27.

[3]) Fr. Rolle. S-W Graubünden und N-O Tessin. Ebenda. Lief. 23.

[4]) C. Schmidt. Geolog. Exkursion durch die Centralalpen. Livret-Guide géol. de la Suisse. Geol. Exkurs. 8.

[5]) T. Taramelli. Il cantone Ticino meridionale etc. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. 17.

[6]) T. Harada. Das Luganer Eruptivgebiet. N. Jahrb. f. Mineralogie. B. B. II.

[7]) Schmidt & Steinmann. Geolog. Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano.

I. Die Molasse.

Abgesehen von den roten Mergeln der untern Süsswassermolasse (Aquitan), welche am Fusse des Weissensteins bei Farnern einen kleinen Höhenzug bilden,[1]) treffen wir auf der Profillinie die erste anstehende Molasse des schweizerischen Hügellandes am Dittiberg bei Derendingen, wo die weite Schotterebene der Aare sich mit derjenigen der Emme vereinigt. Am Ostfuss des von Erraticum bedeckten Hügels hat die Emme anscheinend horinzontal liegende sandige Mergel und Sandsteine der untern Süsswassermolasse entblösst.

Jenseits der weiten Kiesebene der Emme erhebt sich bei Halten das ungeschichtete Erraticum in 20 m. hohem steilem Absturz gleich einer Terrasse über die Emmenebene, welche durchschnittlich ein Niveau von 450 m. innehält. Das wellige Moränenterrain, dem indessen eigentliche Wallmoränen fehlen, reicht bis Höchstetten. Hier tritt hie und da am Fuss der umliegenden Höhen die Molasse als sog. Knauermolasse hervor. Ihr Fallwinkel ist selten mit Sicherheit zu bestimmen.

Im Westen der Profillinie befindet sich beim Dorfe Niederösch ein grosser Aufschluss; mächtige Sandsteinbänke wechseln mit dünnen Mergellagen, die 4° ESE einfallen. Auch am Grossholz bei Alchenstorf sowie am Ischberg bei Winigen ist da und dort unter der Erratikumdecke die untere Süsswassermolasse aufgeschlossen.

Südlich von Winigen beginnt die Meeresmolasse, der untern Süsswassermolasse regelmässig aufgelagert. Sie ist auf beiden Seiten am Thalausgang des Winigenbaches entblösst und zwar in der Muschelsandsteinfacies mit Petrefakten [1]). Genaue Fallbestimmungen sind bei dem Mangel an Mergeln nicht zu machen, erst auf dem Plateau von Schwanden zeigen sandige Mergellagen ein südöstliches Einfallen von 7—9° und ob der Käserei Hofholz findet sich in ihnen ein Lager mariner Petrefakten (Panopæa) [2]). An der Strassenkreuzung südlich Leumberg tritt bereits Nagelfluh ein, die wir auch am Südfuss des Heiligiandhubels mit Sandstein wechsellagernd wiederfinden. Sie ist dort an der Landstrasse Burgdorf-Affoltern aufgeschlossen und fällt mit 8° gegen SSE. ein. Von hier südwärts nimmt die Nagelfluh immer mehr zu, zugleich legen die Schichten sich immer flacher. Hinter Rinderbach beträgt der Fallwinkel der Nagelfluh mit Sandsteinbänken

[1]) E. Kissling, geolog. Aufnahmen zu Blatt VII und VIII. Manuskript.
[2]) ebenda.

bereits nur mehr 3—4° S, ebenso auf Kiltbühlweid südlich Punkt 823 m. und im Ribiloch. Etwas weiter südlich auf der Höhe von Buchacker und Leimbützen stehen wir, den Helicitenfunden nach zu schliessen,[1]) bereits in der obern Süsswassermolasse. Gegen Sumiswald, im Thal des Lochbächli, liegt die Nagelfluh bereits horinzontal; wir stehen hier in der Mitte der grossen flachen Synklinale der Molasse zwischen Jura und Alpen.

In der Umgebung von Trachselwald, sowie im unteren Teile des Dürrgrabens herrscht stetsfort horinzontale Lagerung, ebenso im Gebiete der beiden Frittenbachgräben und im untern Golgraben bis gegen Trubschachen hin, wo sich die Bänke allmählig gegen S. schwach aufrichten (2—3°). Weiter östlich gegen den Centralstock des Napf hin ist die Neigung der Schichten weit unregelmässiger. Bei der Twärenscheuer im Twärengraben 3 km. NNE. von Trubschachen mass ich 5° NW., Kaufmann [2]) ganz in der Nähe 10°, ebenso viel bei Rehbach im Golgraben; weiter nördlich nehmen die Werte ab und ebenso gegen Osten, wo die Hauptmasse des Napf annähernd horinzontal liegt.

Südlich von Trubschachen findet ganz energische Aufrichtung statt, was sich namentlich schön an den langen Fluhbändern zu beiden Seiten des Ilfisthales erkennen lässt. Zugleich gewinnt die Tektonik einen entschiedenen Einfluss auf die Orographie. Überall, sowohl im Gebiete des Turner- und Schwändelberges, als auch drüben am Rämisgummen und Oberberg begegnen wir schräg gegen S. ansteigenden Terrassen, welche den Schichtflächen entsprechen und das landschaftliche Bild beherrschen. Besonders von einem höher gelegenen Standpunkte aus geben diese wie Schuppen übereinanderliegenden Schichtkomplexe der Gegend ihren besondern Charakter.

Das Profil schneidet zwischen Trubschachen und Marbach die Bergmasse des Rämisgummen und das Thal des Schärligbaches. Gleich zu Anfang finden sich unter der Stärenegg Fallwinkel von 12°. Der Stärenegg gegenüber, auf der andern Thalseite, neigen sich die Fluhbänder von Dürrenbach ebenfalls mit 11° gegen NW. Die Neigung nimmt nun stets zu; im Rütigraben ist sie bereits 20°; an der Ilfisfluh der gegenüberliegenden Thalseite 13° und weiter oben 19°. An den kulminierenden Punkten, dem Rämisgummen und hinüber zum Oberberg, schiessen die Bänke etwas flacher ein, und das Fallen geht

[1]) E. Kissling, geolog. Aufnahmen zu Blatt VII und VIII. Manuskript.
[2]) F. J. Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden, p. 439.

von NW. in ein westliches über [1]). Im untern Gebiet des Kurzenbaches und des Schärligs wird die Nordwestrichtung beibehalten, die Neigung aber grösser. Kaufmann erwähnt von der Bisegg und vom Kurzenbach Fallwinkel von 17° beziehungsweise 25° [2]). Die Terrassen der Meisenegg weisen 27°, bei Hintermeisenbach fallen die Sandsteine 34°.

An der niedern Wasserscheide zwischen Schärlig und Marbach sind die bunten Mergel der roten Molasse am Wege aufgeschlossen. Ihre Neigung beträgt 45° WNW., weiter unten im Thale, am grossen Anriss der Ilfis, im sog. Schächli, 52° NW.

Mit der roten Molasse stehen wir bereits im Gewölbekern der *ersten Antiklinale*, die darauffolgende Mulde fällt zum Teil in den breiten Thalgrund der Ilfis und ist nicht aufgeschlossen; doch soll nach Kaufmann [3]) die Muldenumbiegung in einem kleinen Seitentobel des Steiglenbaches zu beobachten sein. Die zweite südliche Antiklinale ist durch die Steiglen bis auf den aquitanischen Gewölbekern entblösst. Das genaue Profil des Steiglenbaches bis an den Fuss der ersten Kreidekette (Schrattenfluh) gibt Kaufmann [4]). Die kleine Diskordanz zwischen Molasse und Flysch berührt auch Burkhardt. [5])

Das schweizerische Hügelland verdankt der Zusammensetzung aus den ziemlich gleichartigen Gesteinen der Molasse seine landschaftliche Einförmigkeit. Es stellt den Rest eines alten Molasseplateaus dar, das aber durch die in den weichen Tertiärschichten sehr wirksame Erosion in lauter tiefe Furchen zerschnitten ist. Runde Bergrücken von verschiedenster Richtung sind durch tiefe, schluchtartige Thäler getrennt, und nur das merkwürdig gleichmässige Niveau ihrer Kammlinien zeigt uns, dass sie im Zusammenhang eine grosse Hochebene gebildet haben müssen. Die Böschungen sind sehr steil, wenn auch bei dem weichen Gesteinsmaterial nie senkrecht; die Thäler sind daher sehr eng ohne eigentliche Schluchten zu sein; der Emmenthaler bezeichnet sie mit dem charakteristischen Namen Graben (Golgraben, Frittenbachgraben, Dürrgraben etc.). Die Entwässerung des schweizerischen Hügellandes geschieht sonst regelmässig nach Norden. In der Nähe unseres Profiles bringt der aus härterer Nagelfluh bestehende Centralstock des Napf etwelche Modifikationen. Von ihm strahlen die Thäler

[1]) J. Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden, p. 431.
[2]) » ebenda p. 431.
[3]) » ebenda p. 425.
[4]) » ebenda p. 415.
[5]) C. Burkhardt, Kontaktzone von Kreide und Tertiär p. 92.

und Bergrücken sternförmig aus, und er modifiziert in dieser Hinsicht auch die allgemeine Abdachung der Tertiärplateaus von den Alpen her gegen Norden. Das Plateau bricht dann plötzlich mit scharfer Abgrenzung an den weiten Schotterebenen der Aare und Emme ab, aus denen nur da und dort Molassefelsen aufragen, ein Beweis, dass die Molasse ungestört unter Erratikum und fluvioglacialen Ablagerungen fortsetzt bis zum Jura.

Eigentümlich ist das Zurücktreten der glacialen Bildungen im Hügelland. Und wo sie vorkommen, vermögen sie nicht im geringsten den landschaftlichen Charakter zu modifizieren. Das eigentliche Hügelland zeigt eine echte Erosionslandschaft, die aber infolge der verhältnismässig geringen Kohärenz des Gesteinsmateriales eine andere Form erhalten hat als die typische Erosionsform im harten Gestein, der Cañon. Der Emmenthalergraben und der Cañon sind æquivalente Produkte der Erosion in verschiedenem Gestein. Wie im Süden, nahe am Rande der Alpen, die beginnende Aufrichtung und Faltung der Schichten sich orographisch äussert, haben wir bereits geschildert.

Es ergibt sich also in Bezug auf die Tektonik und Orographie des Hügellandes kurz folgendes: Die Ablagerungen des Tertiärs und zwar des Miocäns und Oligocäns in Form von Mergeln, Sandsteinen und Konglomeraten bilden zwischen Jura und Alpen eine ausserordentlich flache Mulde. An den Fuss des Jura sich anlehnend und hier durch die Gewässer bis auf wenige Reste wegerodiert oder durch diluviale Bildungen überdeckt, legen sie sich im weitern Gebiet des sog. Emmenthals ganz flach. Gegen die Alpen zu findet Aufrichtung und Stauung zu mehreren Falten statt. Die Aufrichtung erfolgt ziemlich plötzlich, doch weisen Unregelmässigkeiten im Einfallen darauf hin, dass vielleicht schon einige schwächere Wellen in der horinzontalen Molasse sich bemerkbar machen, und weiter westlich hat A. Baltzer aus eben solchen Unregelmässigkeiten auf mindestens zwei sehr flache Gewölbe geschlossen, die der ersten Antiklinale vorliegen.

Das Relief des Hügellandes ist, abgesehen von der Jurasenke, das einer typischen Erosionslandschaft, deren ursprüngliche Oberfläche ein Plateau gewesen ist. Gegen Süden macht die Tektonik ihren Einfluss auf die orographischen Formen geltend.

II. Die Kreideketten.

Schrattenfluh-Brienzergrat.

F. J. Kaufmann hat in den Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz, Lief. 24 I. Teil, diese Gegenden eingehend beschrieben und zahlreiche Profile und Skizzen gegeben. Über die Tektonik der ersten Kreidekette ist nur nachzutragen, dass dieselbe nach den neuen Untersuchungen von Karl Burkhardt [1]) als eine liegende Falte aufgefasst wird, deren Mittelschenkel gar nicht oder nur streckenweise erhalten ist. Reste desselben wären die vereinzelten Fetzen der Wangschichten, welche Kaufmann mehrerorts am Nordabhang der Schrattenfluh auf der geologischen Karte der Schweiz, Blatt XIII, notiert.

Die subalpine Flyschzone beginnt bei Alp Stein mit Mergeln und Nummulitenkalken, welche 85—90°SE. fallen, die Molasse hingegen 70°. Unten im Tobel des Steiglenbaches herrscht Konkordanz bei circa 70°SE. Fall.

Der eigentliche Kamm der Schrattenfluh besteht bald aus Neocom, bald aus Schrattenkalk, je nachdem die Urgondecke denudiert ist oder nicht. Doch ist die Auflagerung nicht immer so regelmässig. Beim sog. Heidenloch ist ein Übergang über den Kamm, da hier die Neocomkalke für eine kurze Strecke denselben zusammensetzen. Von Ost her streichen sie mit 20°SE. Fallen heran, östlich normal überlagert von den weissen Fluhbändern des Schrattenkalkes. Westlich aber, gerade bei der Passhöhe ist der Schrattenkalk auf den Schichtköpfen des Neocom heruntergerutscht. Fig. 1 zeigt die Verwerfung im Profil.

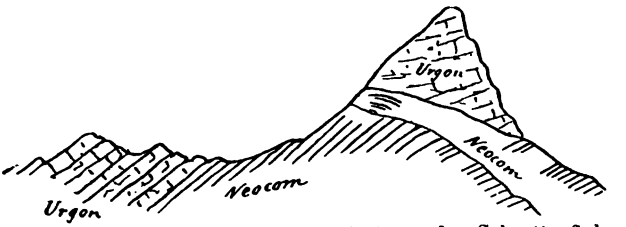


Fig. 1. Verwerfung bei Heidenloch an der Schrattenfluh.

Die Schrattenkalkscholle zeigt ebenfalls SE. Fallen; eine deutliche Verwerfungskluft bezeichnet die Gleitfläche. Ganz zuoberst beim Passübergang fällt eine kleine isolierte Neocompartie nach NW. ein, sie scheint bei der Dislokation geschleppt worden zu sein. Die Verwerfung zieht sich noch ca. 400 m. weiter westlich, dann lässt die zusammen-

[1]) C. Burkhardt, Die Kontaktzone von Kreide und Tertiär. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. 32.

hängende Schrattenkalkdecke keine Unregelmässigkeiten mehr erkennen.

Die Grabenverwerfungen, welche am Südabhang der Schrattenfluh die Eocänstreifen von Silwängen und Schlund begrenzen, sind von Kaufmann [1]) eingehend geschildert worden, ebenso die Störungslinie, die den Schrattenkalk der Schrattenfluh von der eigentlichen Flyschmulde *Habkern-Sörenberg* abschneidet.

Jenseits der sanftgewellten Höhenzüge des Flyschterrains erheben sich im Süden die steilen, felsigen Abhänge des *Brienzergrates*, nur da und dort eine tiefere Einsattelung und einen Übergang nach dem Brienzersee bietend. Kaufmann gibt mehrere Querprofile durch diese Kette, die durch mehrfachen Wechsel von Schrattenkalk und Neocom auf stark gepresste Mulden und Sättel hinweisen. Gegen Osten keilt sich der Schrattenkalk allmählig aus, und in dem Maasse, wie er verschwindet, nehmen die obersten Lagen der Kreideserie, die *Wangschichten* an Mächtigkeit zu. Da, wo unser Profil den Brienzergrat schneidet, ist das Urgon bereits verschwunden, während die Wangschichten stark entwickelt sind. Unser Profil liegt etwas weiter westlich als dasjenige Kaufmanns über den Kruternpass. Es wurde hier eine eigene Profillinie vorgezogen, weil der südlich vorspringende Quersporn der Rotschalpburg für die Tektonik dieser Kreidekette interessante Aufschlüsse bietet. In Fig. 2 ist das thatsächlich Sichtbare dargestellt.

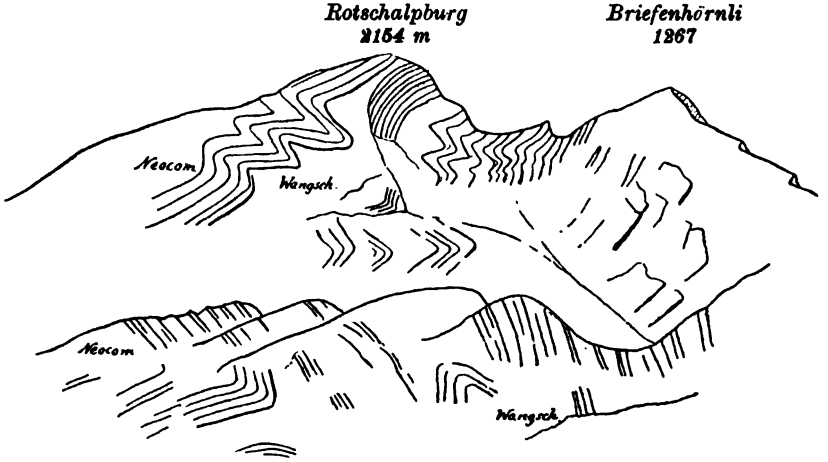


Fig. 2. Faltungen in Neocom und Wangschichten. An der Ostseite der Rotschalpburg.

[1]) Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden, pp. 327 und ff.

Am Briefenhörnli, 2167 m., wo der Querkamm der Rotschalpburg sich abzweigt, sehen wir die hellen Wangkalke mit 67° gegen SE. einfallen, weiter gegen Süden beginnt das Wang sich intensiv zu falten, und das alle Windungen mitmachende Neocom schliesst sich an. Sowohl gegen Ost, wie gegen West, scheint die Faltung an Intensität abzunehmen, während in Wahrheit nur der Mangel an grossen Aufschlüssen kein Gesamtbild entstehen lässt. Der Rücken der Tanngrindelegg zeigt in vielen Bachrunsen die ebenfalls stark gefalteten Kieselkalke des untern Neocom. Weiter unten bei ca. 1800 m. tritt eine bereits von Kaufmann [1]) notierte Berriaszone in annähernd senkrechter Stellung auf. Eine zweite Zone weisser Berriaskalke ist an dem Wege entblösst, der von Planalp (Hausstadt) nach der Rotschalp hinüberführt; die weiss anwitternden Bänke fallen hier ca. 45° NW., doch verwischt eine starke, 15° S. fallende Transversalschieferung die Schichtung fast vollständig, so dass Kaufmann irrtümlich den Fallwinkel der Schieferung als den der Schichtung angibt und letztere gar nicht bemerkt hat.

Das steile Tobel des Dornibaches, welches sich von der Tanngrindelegg zum Brienzersee hinab zieht und gute Aufschlüsse bietet, zeigt uns das mannigfach gewundene untere Neocom zuletzt ca. 80° NW. fallend und von gestauchten Berriasmergeln unterlagert.

Die Lagerungsverhältnisse weiter im Osten am Brienzer Rothhorn und über den Dürrgrind und die Schwanderfluh südlich hinab ins Aarethal sind ähnlicher Art wie die bisher erwähnten. Intensive Faltung im kleinen ist das Charakteristische. «Es finden sich viele Biegungen, Schlingen, Knickungen, oft mit starker Drehung der Streichungslinie, so dass ein Gesamtbild von bestimmtem gewölbeartigem Charakter nicht zu erhalten ist», sagt Kaufmann mit Recht [2]).

Am Rothhorn selbst, sowie an der Kante gegen den Dürrgrind sind mehrere kleinere Biegungen zu beobachten. Das tief eingerissene Tobel des Glyssenbaches zeigt uns den Bau der Schwanderfluh. Neocom und darunter Berrias sind stark gefaltet und gestaucht, zu unterst bei Schwanden tritt der Malm (Tithon nach Mœsch) unter der Kreide hervor und bildet ein prächtiges Gewölbe, dessen Südschenkel unter den enormen Schuttkegel des Schwandenbaches hinabtaucht.

---

[1]) F. J. Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden, p. 19.
[2]) F. J. Kaufmann, Emmen- und Schlierengegenden, pag. 22.

Das Tracé der Rothhornbahn bewegt sich bis ca. 900 m. ü. M. in grauen Berriaskalken und Schiefern, die unten am Trachtbach horizontal liegen, weiter oben stark gefältelt sind. Es folgen die auflagernden schwarzen, weiss anwitternden und regelmässig geschichteten Kieselkalke des Neocom mit 24° SE Fall. Ein grosser Felskopf, durch den ein Tunnel gesprengt werden musste, zeigt deutlich eine Umbiegung, aber die ganze Masse sieht aus, als wäre sie hier an sekundärer Lagerstätte und von der Planalpfluh heruntergerutscht. Bergschutt mit mächtigen Blöcken ist am obern Ausgang des Tunnels angeschnitten und die Wasserstation Geldried steht mitten im Material eines Bergsturzes.

Die weithin sichtbare Planalpfluh, welche die Bahn in einem längern Tunnel durchschneidet, besteht wieder aus den regelmässigen 15—20 cm. dicken Schichten des untern Neocom. Am Osteingang des Tunnels liegen sie horizontal, biegen sich dann auf und gegen N. zurück, bilden also ein gegen Süd überliegendes Gewölbe. Von Station Hausstatt bis Mittelstaffel sind eine Menge kleiner sekundärer Biegungen entweder direkt zu beobachten oder aus dem raschen Wechsel des Fallens zu erschliessen. Bei der Station Oberstaffel zeigen die senkrecht stehenden Neocomkalke starkes horizontales Clivage. Entlang dem Dürrgrind sowie am Abhang des Rothorns sieht man wieder mehrfache Umbiegungen, bis endlich nahe der Endstation das Neocom unter die 50° N. fallenden Wangschichten des Schöngütsch einfällt.

Es ergibt sich aus diesen Einzelheiten ungefähr folgendes: Der Brienzergrat bildet an seinem Anfang bei Interlaken eine einfache, nach N. übergelegte Falte. Diese löst sich gegen Ost allmählig auf und macht, indem zugleich der Schrattenkalk sich auskeilt und das Wang an seine Stelle tritt, einer Menge kleinerer Falten Platz, die nur sekundärer Natur sind und den vorhandenen Faltenwurf im grossen verdecken. Dass solche grössere Faltungen die Unterlage der kleinen lokalen Falten sind, ist aus dem Auftreten der Berrias-linsen zu schliessen. Jedenfalls ist die Intensität der Faltung eine sehr grosse und steht kaum derjenigen in der südlich folgenden Faulhorngruppe nach, in welcher die teilweise veränderte petrographische Beschaffenheit der Gesteine eine andere Varietät des Zusammenschubes oder tektonische Facies herbeigeführt hat.

III. Die Juraketten.

Die Faulhorngruppe.

Südlich vom Brienzersee erhebt sich die orographisch schön abgegrenzte Gebirgsgruppe des Faulhorns, nach Westen und Osten abgeschnitten durch die Thäler von Grindelwald und das Aarethal, im Süden durch den Sattel der grossen Scheidegg verbunden mit dem steil aufstrebenden Wetterhorn, einem Gliede des mächtigen Berneroberländer Hochgebirgswalles. Im Schwarzhorn mit 2930 m. kulminierend, wird diese Gruppe doch besser nach dem weltberühmten Faulhorn benannt. Von SW. nach NO. streichende Faltenzüge von vorzugsweise jurassischem Alter setzen sie zusammen; sie gehört jener Zone der nördlichen Kalkalpen an, die vom Kanton Waadt her über die Diablerets und die Berge des Kienthales herüberstreicht und weiter über Engelberg und den Urirothstock den Vierwaldstättersee erreicht, von wo aus östlich diese Zone durch Mœsch [1]) und Heim [2]) studiert worden ist.

Trotz der centralen Lage mitten im Herz des Berneroberlandes und des grossen Besuches von seiten der Touristen haben sich für die stratigraphisch, wie tektonisch sehr interessanten geologischen Verhältnisse der Faulhorngruppe nur wenige Beobachter gefunden. B. Studer [3]) glaubte nach einigen Petrefaktenfunden am Faulhorn die Gruppe der Kreide zuteilen zu müssen, bis durch die Untersuchungen von C. Mœsch, deren vorläufige Ergebnisse [4]) bei der Aufnahme meines Profils erst vorlagen, das jurassische Alter des Grossteils der Faulhorngruppe mit Gewissheit nachgewiesen wurde. Speciell die Verhältnisse in der Umgebung des Schwarzhorns und des Giessbachs berührt eine Studie von Th. Studer [5]). Ueber die Tektonik der Kalkketten in der Umgebung von Meiringen hat A. Baltzer [6]) neue Aufschlüsse gebracht und die Existenz einer kleinen Doppelfalte festgestellt. Endlich ist in neuester Zeit, als 24. Lieferung III. Teil der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, der Text zur geologischen Karte von C. Mœsch erschienen unter dem Titel: Geologische Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss- und Kien-

[1]) C. Mœsch, Der Jura in den Alpen der Ostschweiz.

[2]) A. Heim, Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, Lief. 25.

[3]) B. Studer, Geologie der Schweiz. II. pag. 168.

[4]) C. Mœsch, Reisebericht über meine diesjährigen geolog. Beobachtungen.

[5]) Th. Studer, Geologische Beobachtungen im Gebiete des Schwarzhornmassivs.

[6]) A. Baltzer, Das mittlere Aarmassiv etc., p. 121 und Profile.

thal. Dieser Textband mit seinem schönen Atlas erschien gerade noch vor Abschluss unserer Arbeit. Es erwies sich nicht als überflüssig, eine eigene Aufnahme der Profillinie gemacht zu haben, denn trotz der zahlreichen Profile und Skizzen von Mœsch wäre es nicht möglich gewesen, das für unser Profil Brauchbare daraus zusammenzustellen, abgesehen von unseren in wesentlichen, auf die Tektonik bezüglichen Punkten abweichenden Resultaten.

Unsere Profillinie trifft, vom Brienzergrat herkommend, die Faulhorngruppe an der Mündung des berühmten Giessbaches in den Brienzersee. Sie geht weiter über Axalp und den Tschingel 2245 m, berührt im Schwarzhorn 2930 m den Kulminationspunkt der ganzen Gebirgsgruppe, worauf sie bei der Passhöhe der grossen Scheidegg an die von Baltzer [1]) bearbeitete Profillinie Wetterhorn - Ulrichen anschliesst.

Es ist deshalb nur der mittlere Teil der Faulhorngruppe genauer untersucht worden, und Abschweifungen von der Profillinie wurden nur gemacht, sofern sie zum Verständnis des im Profil Beobachteten beitrugen. Dabei beschränkte sich die Arbeit bloss auf die Tektonik, indem die Stratigraphie und Paläontologie der jurassischen Kalkalpen in C. Mœsch einen berufenen Bearbeiter gefunden haben. Ohne deshalb mit Petrefaktensuchen viel Zeit zu verlieren, verliess ich mich, was die Stratigraphie anlangt, auf die Angaben, welche nach den Aufnahmen von C. Mœsch auf Blatt XIII der geologischen Karte der Schweiz (1 : 100 000) niedergelegt sind, und es gereicht mir zum Vergnügen, die Richtigkeit derselben, soweit ich nach petrographischen Charakteren urteilen konnte, im allgemeinen bestätigen zu können.

Ein Blick auf ebengenanntes Blatt XIII der geologischen Karte zeigt uns, dass die Faulhorngruppe in Bezug auf die Verteilung der Jurastufen in zwei Hälften zerfällt. Die nördliche Hälfte, begrenzt vom Brienzersee, Aarethal und der Linie Meiringen-Oltschialp-Tschingelfeld-Schwabhorn-Lütschenthal, zeigt eine überaus starke Entwicklung des Malm, untergeordnet des Dogger und der untersten Kreide. Im Gegensatz dazu besteht die südliche Hälfte, welche den ganzen Rest der Gruppe umfasst, nur aus Dogger und Oxford, der Malm erscheint erst wieder am Wetterhorn, Kreide findet sich gar nicht mehr.

---

[1]) A. Baltzer, Das mittlere Aarmassiv etc., Taf. 4, Prof. VI.

Die Lagerungs-Verhältnisse auf und in der Nähe der Profillinie sind auf eine grosse Strecke hin vortrefflich aufgeschlossen durch den tiefen Einschnitt des Giessbaches. Gleich unten am See durchschneidet er ein schon von Mœsch [1]) erwähntes Gewölbe im Dogger. Die Falte ist nördlich übergelegt. Der Nordflügel des Malm fällt unten am Seeufer mit 40° gegen SSE ein und gehört nach Mœsch [2]) den Tenuilobatusschichten an. Der aufliegende Dogger biegt beim Hotel gegen Süden und die berühmten Fälle ergiessen sich über den sekundär gewellten Gewölbescheitel. Oben bildet der Südschenkel von Malm in nahezu horizontaler Lagerung ein langes Fluhband. Der Dogger entspricht nach Mœsch [3]) den Humphriesischichten. Die Welle senkt sich gegen Osten allmählig, die beiden Malmflügel vereinigen sich, das Gewölbe verschwindet am Ostende des Brienzersees. Gegen Westen aber lässt es sich weit verfolgen; der Weg von Giessbach nach Iseltwald verläuft bis kurz vor letzterem Orte stets im Dogger des Gewölbekerns.

Östlich des Giessbaches führt ein Weg hinauf nach Axalp. Man übersteigt dabei jene Malmwand, die den Südschenkel des Giessbachgewölbes darstellt. Der Malm hat hier unter beständigem schwachem SEFallen eine Mächtigkeit von ca. 200 m. Oberhalb dieser Stirnkante liegt ein kleines Isoklinalthälchen, welches seine Existenz den Oxfordmergeln verdankt, die hier konkordant über dem Malm liegen und ebenso von solchem überlagert werden. Sie sind aufgeschlossen an einem Pfade, der von den Gütern «Braun [4])» über den Giessbach nach den Hütten der «Schweiben» hinüberführt, und sie fallen mit 25° nach SE ein. Eine Gewölbeumbiegung ist nirgends zu sehen, ebensowenig eine Synklinale im liegenden Malm. Weiter westlich ist vielleicht etwas erhalten, wenigstens berichtet Mœsch [5]) von drei Oxfordfalten, die ob Iseltwald zwischen Malm und Dogger zu Tage treten. Hier im Profil entsprechen die faktischen Verhältnisse einer *Schuppe.*

Der den Oxfordschiefern aufgelagerte Malm fällt noch eine kurze Strecke weit wie die Schiefer 25° SE, dann biegt er sich plötzlich auf und bildet eine scharfe S Falte, welche vom Axalpweg aus sehr schön an den jenseitigen Gehängen des Bowaldes zu übersehen ist und deren

[1]) C. Mœsch, Reisebericht etc., p. 260.

[2]) C. Mœsch, Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss- und Kienthal, p. 162.

[3]) C. Mœsch, Reisebericht etc., p. 260.

[4]) Lokalnamen sind hier stets den betreffenden Blättern des eidgenössischen topographischen Atlasses (1 : 50 000) entnommen.

[5]) C. Mœsch, Reisebericht, p. 262.

einzelne Teile sich auch am rechten Thalgehänge nachweisen lassen. Die Gewölbeumbiegung, welche z. T. nur als Luftsattel existiert, bildet das Fluhband, das sich von den Giessbachgütern nordöstlich nach Meierhofstatt hinüberzieht.

Der Gewölbeschenkel der S Falte ist schwach nach SE geneigt und stösst nun plötzlich diskordant auf 60° ESE fallende Oxfordschiefer, wobei er stellenweise an diesen aufwärts geschleppt ist. Der Kontakt ist aufgeschlossen an einem Fusssteig, der von «Schwarzenberg» zu den Giessbachgütern hinabführt. Die Oxfordschiefer offenbaren sich orographisch wieder durch eine Depression, die Terrasse Schwarzenberg-Unterstalden, welche infolge des Wasserreichtums der Mergel etwas sumpfig ist.

Wieder liegt Malm im Hangenden des Oxford; er bildet zunächst eine spitze Mulde, in deren Kern auf der Westseite des Giessbaches Berriasschichten eingeklemmt sind, dann kommt das grossartige Malmgewölbe der Axalp, welches man am besten unten in den Giessbachgütern oder gerade gegenüber auf «Schwend» oder «Bottenhals» übersieht. In einem flachen Bogen spannen sich die Malmschichten vom Schwarzenberg bis unter das Tschingelhorn; oben auf dem Scheitel liegt die aussichtsreiche Axalp mit ihrem Kurhaus, gegen den Giessbach zu herrschen senkrechte Abstürze. Staunenerregend ist die Mächtigkeit des Malm, welche, nur das Sichtbare gerechnet, über 400 m. beträgt. Allerdings gehören die obersten Lagen nach Mœsch dem Tithon an. Auf der linken Seite des tiefen Giessbacheinschnittes ist das Gewölbe nicht mehr so einheitlich; es hat sich hier in zwei Aufwölbungen ge-

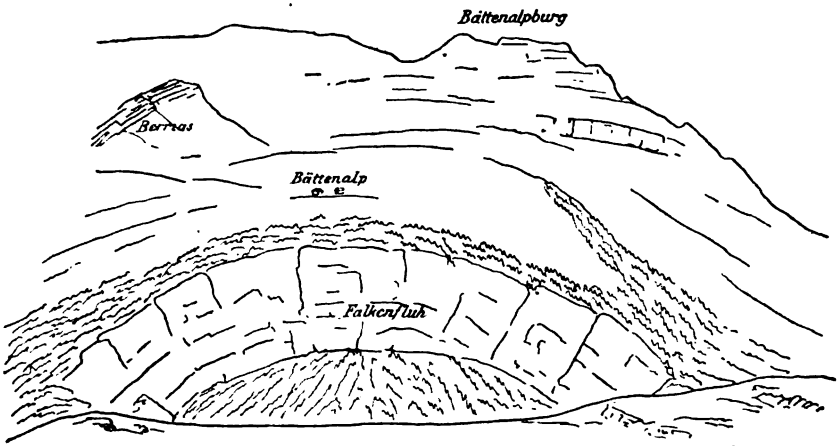


Fig. 3. Malmgewölbe der Falkenfluh, von Alp Kühmatt aus gesehen.

teilt, von denen aber die südliche, die Falkenfluh, ein Gewölbe darstellt, wie wir solche aus den Klusen des Berner Jura nicht schöner kennen. (Fig. 3).

Als Decke des mächtigen Axalpgewölbes treffen wir oberhalb «Ob Stalden» die grauen Mergel der Berriasschichten. Sie bilden zunächst die nördliche spitze Mulde des Profils und durch ein Gewölbe von Malm getrennt, das auf der Axalpseite nur am Gehänge bei Kühmatt nachweisbar ist, eine zweite ebenso spitze Mulde. Das mittlere Malmgewölbe durchschreitet man auf dem Wege von Kühmatt nach Lütschenthal, ohne sich dessen bei der unregelmässigen Klüftung des Malm bewusst zu werden. Erst der Blick von jenseits, von der Fangisalp aus, wo man das ganze rechtsseitige Thalgehänge bis zum Giessbach hinunter übersieht, zeigt uns seinen Bau. Fig. 4.

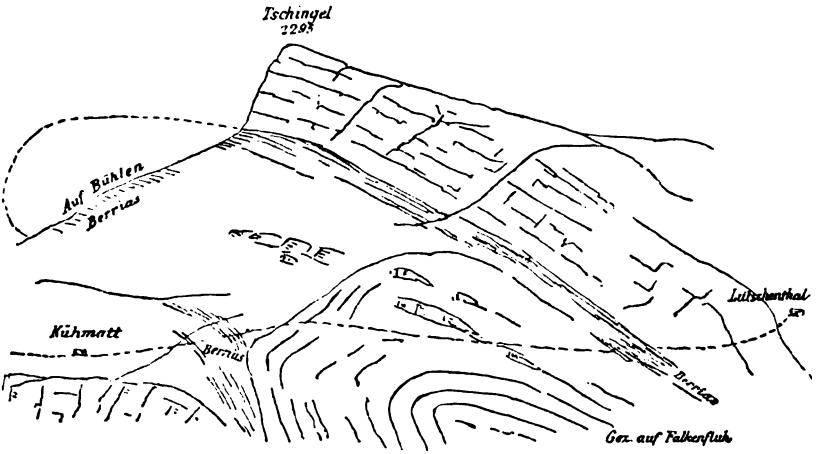


Fig. 4. Die Doppelmulde der Berriasschiefer auf Axalp.

Auf die Kreide folgt der Malm in umgekehrter Lagerung. Vom Schwabhorn herkommend bildet er zunächst das «Schweifisband», begrenzt unten am Giessbach den hübschen ebenen Kessel der Alp Tschingelfeld, dann erhebt er sich schnell im Tschingel und Axalphorn zu bedeutender Höhe (2327 m). Dieser Malm streicht nach N aus, vergebens suchen wir aber seine Fortsetzung; von hier weg südlich bis zum Wetterhorn herrscht nur mehr Dogger.

Hier verlässt das Profil den Giessbacheinschnitt; auf die komplizierten Verhältnisse in dessen obern Teil werden wir noch zurückkommen.

Der Malmzug des Axalphorns wird überlagert von Oxford in Form der Birmensdorferschichten, die stellenweise sehr reich an Cephalo-

poden sind; oft wimmelt das Gestein von Bruchstücken kleiner Ammoniten. Die Oxfordmergel besitzen am «Grätli» eine Mächtigkeit von mehr als 300 m und fallen mit 40° gegen SE. Die dem Malm zunächst liegenden, jüngsten Lagen sind hellgraue, glänzende Mergel und Mergelschiefer. Sie enthalten die zahlreichen von Mœsch [1]) angegebenen Petrefakten. Gegen Süd folgen, die eigentliche Wasserscheide und die Hauptmasse der Ablagerung bildend, dunkelgraue, bröcklige Thonschiefer.

Der Verlauf dieser Oxfordzone im Streichen nach Osten und Westen ergibt sich aus der Karte. Vom Sägisthal bis Meiringen bezeichnet diese Zone die Grenze zwischen dem Malm- und dem Doggergebiete der Faulhorngruppe. Wir wenden uns jetzt letzterem zu.

Der petrographische Charakter des Doggers ist ein derartig ausgeprägter, dass er mit keiner andern Ablagerung verwechselt werden kann. Ruppige Thonkalke und Thonschiefer sind die Hauptgesteinsarten. Um so schwieriger ist die Unterscheidung der einzelnen Doggerstufen, wenn man sich nicht Zeit nehmen kann, nach Petrefakten zu suchen. Petrographisch und paläontologisch gut charakterisiert sind nur die Humphriesischichten. Diese enthalten in Masse die grossen Wedel von Zoophycos scoparius und zeigen ausserdem einen merkwürdig regelmässigen Wechsel von kalkigen und thonigen bezw. schiefrigen Lagen, jede ungefähr 10—30 cm dick, so dass die Kalke von weitem als weiss und schwarz gebändert erscheinen. Ich werde in der Folge die Ablagerungen dieses Horizontes nur «Bandkalke» nennen, und es wird sich erweisen, dass dieselben zur Festlegung der tektonischen Verhältnisse fast überall ausreichen.

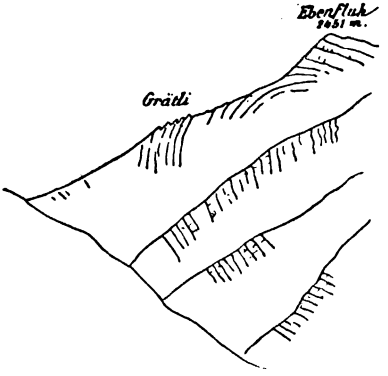


Fig. 5. Gewölbe der Ebenfluh.

Auf unserem Querprofil überlagert der Dogger die Oxfordschiefer des Grätli zunächst ebenfalls mit 40° SE Fall, dann aber richten sich die Schichten immer mehr auf. An den vorspringenden Coulissen der Ebenfluh ragen die harten Bänke senkrecht in die Luft wie die Zähne einer Säge oder eines Kammes. Die Anwohner haben das richtig herausgefunden und bezeichnen den Grat mit dem Namen «Strähl» (Dialektaus-

[1]) Mœsch, Kalk- und Schiefergebirge. Pag. 180, 181.

druck für Kamm). Der ganze Schichtkomplex biegt um gegen Süd (Fig. 5) und im Thälchen «hinterem Horn» stehen wir bereits in einer Synklinale, deren Kern von zoophycosreichen Bandkalken gebildet wird. An den vorspringenden Gräten, welche sich zum Wildgerst hinaufziehen, wiederholt sich derselbe Schichtkomplex in mehreren Windungen, von denen die obersten scharf geknickt sind. Fig. 6.

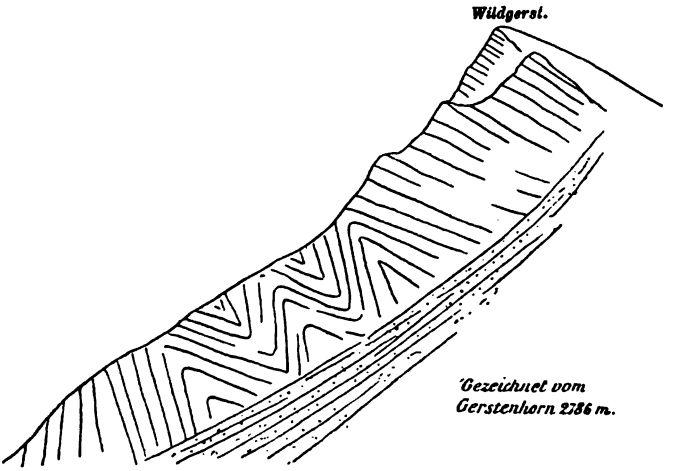


Fig. 6. Faltungen im Dogger am Nordabhang des Wildgerst.

Am Wildgerst fallen die Bandkalke 28° SSE; diese Neigung behalten sie bis hinüber zum Schwarzhorn 2930 m, wo sie sich wieder aufbiegen, so dass das Schwarzhorn aus einer nördlich übergelegten Mulde besteht. Die Umbiegung ist sowohl an den gegen den Blaugletscher abfallenden Wänden des Hornes zu beobachten, als auch weiter westlich bei der «Grossen Krinne.» Schwarzhorn und Wildgerst bestehen aus denselben ruppigen Thonkalken mit Zoophycoswedeln und Belemniten, so dass es mir unverständlich bleibt, wieso auf Blatt XIII der geologischen Karte der Wildgerst als unterer Dogger, das Schwarzhorn aber als oberer Dogger bezeichnet werden konnte.

Aus den obern Teilen der ausgedehnten Grindelalpen ragen eine Reihe schmaler Gräte strebepfeilerartig gegen das Schwarzhorn und das Krinnengrätli herauf, so der Gemsberg, der Schilt, die Schinnenplatten u. a. Diese nach Ost und West fast immer in Flühen abfallenden Kämme enthüllen uns die Struktur der südlich des Schwarzhorns gelegenen Teile der Faulhorngruppe. Es sind die Südgehänge des Schwarzhorns ein Gebiet intensiver Faltung, weit intensiver als wir sie bisher kennen gelernt. Die thonigen Kalke und Mergel des Doggers sind in

scharf geknickte nördlich überliegende Zickzackfalten gelegt. Fig. 7 zeigt dieselben an dem in der Profillinie liegenden Gemsberg, 2713 m.

Fig. 7. Faltungen im Dogger am Gemsberg 2713 m.

Weiter unten scheint die Faltung auf einmal aufzuhören, die Thonkalke fallen 50° SE, gehen allmählig in schwarze Schiefer über, die petrographisch mit den Oxfordschiefern des «Grätli» übereinstimmen. Die Schiefer bilden die breite, schwach gewellte Gratlinie der Wasserscheide zwischen Grindelwald und Meiringen. Der öftere, allerdings unbedeutende Wechsel des Fallwinkels lässt vermuten, dass auch die Schiefer gefaltet sind und parallel gepresst wurden. Umbiegungen sind keine zu beobachten. Für mehrfache Lagerung durch Faltung spricht auch die bedeutende Mächtigkeit dieser Mergel (ca. 1600 m). Bei der Passhöhe der grossen Scheidegg 1961 m fallen die Schiefer 30° SE, weiter südlich gegen das Wetterhorn zu bilden sie nach dem von Baltzer gegebenen Profil[1]) einen kleinen Fächer, an welchen sich am Fuss des Wetterhorns die Eocänzone anschliesst.

Von der grossen Scheidegg über das Wetterhorn und das Unteraargebiet bis ins Oberwallis wurde das entsprechende Profil von Baltzer[2]) aus dem «Aarmassiv» eingesetzt.

Die Lagerungsverhältnisse am Westabhang des Gerstenhorns 2786 m, sowie im obern Teile des Giessbacheinschnittes, welcher sich gegen Süden zu dem grossen Cirkus von Tschingelfeld-Oberberg erweitert, lassen sich am besten von den gegenüberliegenden Höhen der Windegg aus übersehen. Fig. 8 gibt das thatsächlich Sichtbare.

---

[1]) A. Baltzer, Der mechanische Kontakt etc. Atlas Taf. V. Fig. 8.

[2]) A. Baltzer, Das mittlere Aarmassiv etc. Taf. 4. Prof. VI.

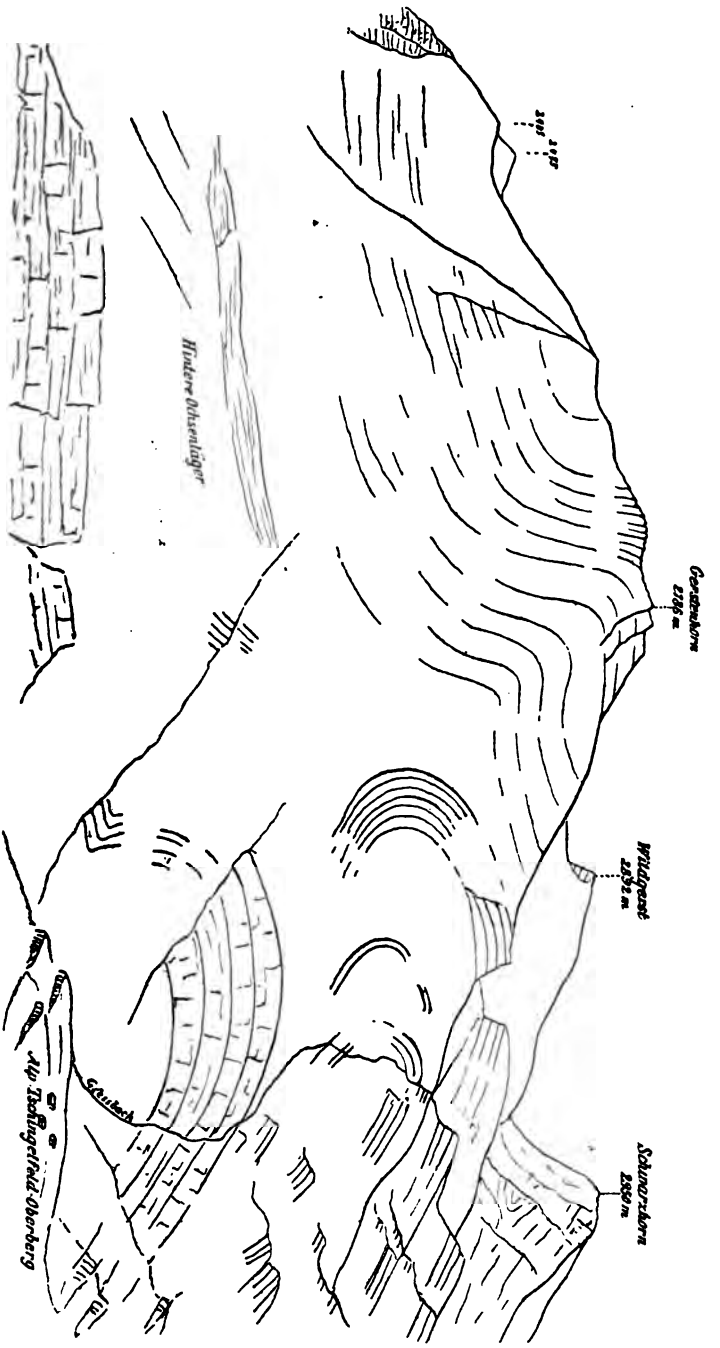


Fig. 8. Diskordanz der Faltung am Westabhang des Gerstenhorns 2786 m. Gez. von Windegg.

Links ausserhalb der Zeichnung streicht der Malmzug des Axalphorns ins Giessbachthal hinab und ihm folgend die Oxfordschiefer des »Grätli«, das erste Sichtbare ist das bereits beschriebene Ebenfluhgewölbe und die darauffolgende Mulde. Anstatt der zahlreichen kleinen Biegungen, wie sie weiter östlich am Nordabsturz des Wildgerst vorherrschen, sehen wir hier zwei grössere Aufwölbungen mit zwischenliegender Mulde. Diese Thatsache lässt sich auch vom Wildgerst aus am Ostabhange des Gerstenhorns konstatieren. Insoweit wäre die Sache in Ordnung.

Unten im Thale des Giessbaches treffen wir einen Komplex dunkler Thonkalke und Schiefer, die landschaftlich stark hervortreten, weil sie dicke Bänke bilden. Diese Kalke stellen, um wieder im Norden anzufangen, den Kern des Ebenfluhgewölbes dar. Die an der Ebenfluh prachtvoll geschwungene Biegung ist hier eine Knickung, welche merkwürdigerweise die obgenannten Kalkbänke gar nicht mitzumachen scheinen, sondern einfach abbrechen, wie es Fig. 9 für die rechte und Fig. 10 für die linke Giessbachseite zeigt. Der Standpunkt ist für beide Zeichnungen der gleiche am Alpweg nach Tschingelfeld-Oberberg.

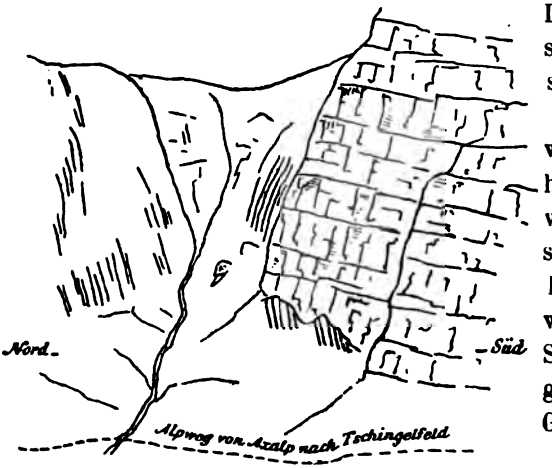


Fig. 9. Flexur im Dogger zwischen Axalp und Tschingelfeld. Rechte Thalseite.

Diese Bankkalke ziehen sich nun auf beiden Thalseiten unter schwachen wellenförmigen Aufwölbungen und Mulden hinein gegen den Kessel von Oberberg, biegen sich hier plötzlich auf und bilden ein flaches Gewölbe, über das der von Schwarzhorn und Wildgerst herabkommende Giessbach in zahlreichen Fällen hinunterstürzt. Südlich schiessen die Bänke unter die Zoophycoskalke der Hundsfluh ein. Man wäre nun geneigt, diese Aufwölbung mit derjenigen in Verbindung zu bringen, welche 700 m. höher am Gipfel des Gerstenhorns zu beobachten ist. Es tritt aber zwischen diesen obern und jenen untersten Schichten eine Komplikation ein, indem der untere Teil der Bandkalke nicht analog dem obern nach

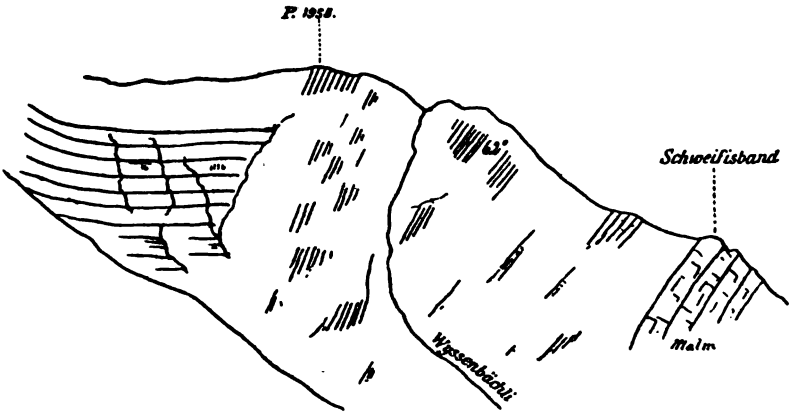


Fig. 10. Flexur im Dogger zwischen Tschingelfeld und Fangisalp. (Linke Thalseite.)

Nord hingeht, um die S-Falte mitzumachen, sondern sich gegen Süd zurückbiegt. Diese Umbiegung ist schön aufgeschlossen und Schritt für Schritt zu verfolgen in der Nähe der hintern Ochsenläger. Bemerkenswert ist eine sehr intensive Transversalschieferung von ca. 45° Südfall, die sich noch weit ins Gerstenhorn verfolgen lässt. Gerade die Stelle, wo die obere Hälfte der Bandkalke gegen Nord abbiegt und die untere nach Süd hin zurückkehrt, ist leider nicht entblösst. Ich glaubte zuerst, diese Unregelmässigkeit durch eine Aufbiegung im Streichen erklären zu können, aber eine nochmalige Untersuchung des Gerstenhorns und seiner Abhänge gegen Alp Oberberg, führte zur Überzeugung, dass die oberen Schichten den untern in ihrer Lagerung nicht entsprechen, sondern über diese hinweg für sich gestaut worden sind. (Fig. 8.)

Es bleibt uns noch übrig, die vereinzelten Beobachtungen zu notieren, welche das Gebiet östlich der Profillinie in der Umgebung des Axalphorns und weiter am Abhang der Faulhorngruppe gegen das Aarethal betreffen.

Die Berriaszone der obern Axalp teilt sich gegen Osten in zwei Züge, indem das Gewölbe, welches in unserem Profil die beiden Berriasmulden scheidet, wieder hervortritt und ob Alp Krautmättli ein scharfes Knie bildet. Man ersieht diese Verhältnisse aus Fig. 11. Gegen Alp Urserli keilt sich auch der obere Berriaszug aus und nur der untere streicht von Krautmättli zum Hinterburgsee, dessen Unterlage er bildet. Jenseits des Sees ist die Fortsetzung der Berriasschiefer mangels an Aufschlüssen nicht weiter zu verfolgen.

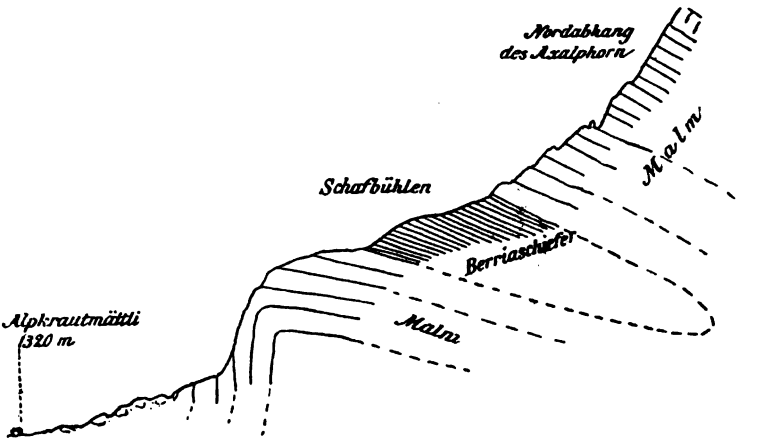


Fig. 11. Querprofil vom Axalphorn nach Alp Krautmättli.

Auch das grosse Malmgewölbe der Axalp findet sich hier wieder, und der Hinterburgsee selbst wird durch diese Welle resp. den Südschenkel des Gewölbes gestaut. In der Fluh zwischen «Dozwegegg» und «Gauwald» zeigt sich die Gewölbebiegung Fig. 12.

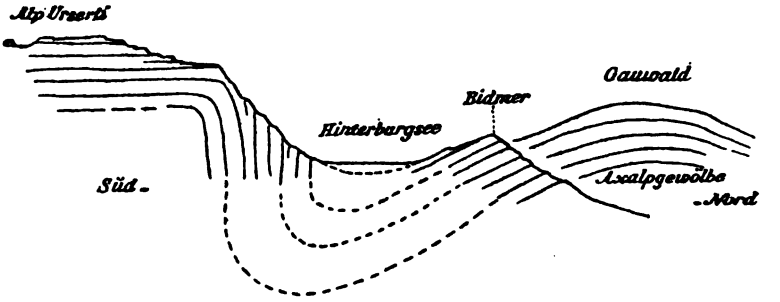


Fig. 12. Querprofil von Alp Urserli zum Hinterburgsee.

Nach Mœsch wäre das Gewölbe an der Riesetenfluh wieder zu sehen; für mich langte die Zeit nicht zu Begehungen im Gebiet des Brienzerberges und Birchthalwaldes, wodurch auch das weitere Verhalten der Oxfordüberschiebungen hätte verfolgt werden können.

Im Oltschikopf 2238 m. stossen das die Berriaszone teilende Gewölbe und der Malmzug des Axalphorns zusammen. Th. Studer hat bereits ein schematisiertes Profil dieses Berges gegeben. [1]) Fig. 13 gibt eine Ansicht des thatsächlich zu Beobachtenden.

[1]) Th. Studer, Geologische Beobachtungen im Gebiete des Schwarzhornmassivs.

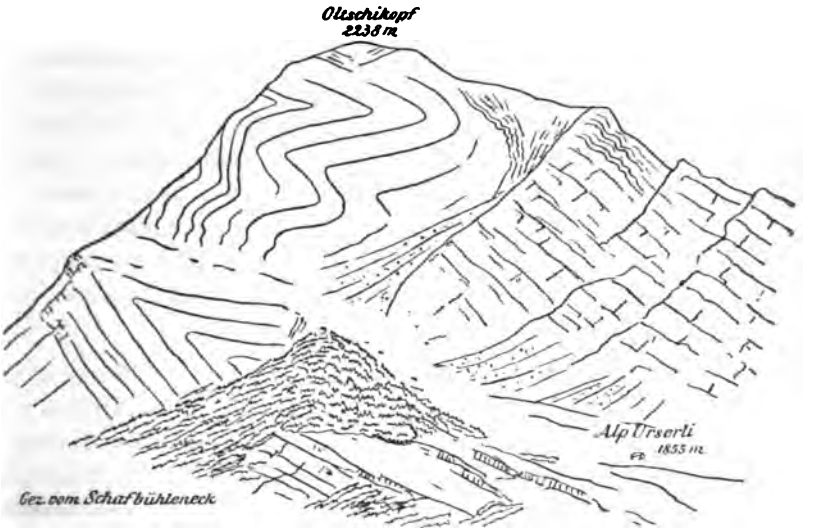


Fig. 13. Die Faltungen am Westabsturz des Oltschikopfes 2238 m.

Die Falten des Oltschikopfes fallen auch dem Laien sofort auf, und bei guter Abendbeleuchtung ist das Bild der an der Westwand entblössten übereinandergestauten Windungen wirklich grossartig. Auf dem schon mehrfach erwähnten kleinen Malmgewölbe Kühmatt-Krautmättli, welches hier als scharfes gegen Nord gerichtetes Knie stark hervortritt, erhebt sich der eigentliche Oltschikopf als ein System mannigfach gewundener, an- und übereinanderliegender Malmfalten, die hie und da Berriasmergel eingeklemmt haben. Aus letztern besteht auch der Gipfel. Es entspricht also dieser Faltenkomplex der letzten südlichen Berriasmulde und dem umgekehrten Malm des Axalphorns. Nur ist die Berriasmulde nicht mehr einfach. Allerdings keilt sich gegen Ost die südliche Berriasmulde aus, oder vielmehr ihre Fortsetzung in den Oltschikopf ist durch die Erosion des tiefen Kessels der Urserlialp verschwunden, so dass wir nur die untere Berriaszone durch den Hinterburgsee bis in den Oltschikopf verfolgen können. Jedenfalls hat sich vom Giessbach her die südliche Berriasmulde bedeutend gehoben, sodass im Kessel der Urserlialp bereits Malm den Muldenkern bildet und die Berriasmergel erst hoch oben am Oltschikopf sich eingeklemmt finden.

Auch von Osten, vom Aarethal herkommend, erweist sich der Oltschikopf sozusagen als ein Knotenpunkt. Um das zu verstehen, müssen wir die Lagerungsverhältnisse am Nord-Ost-Abhang der Faul-

horngruppe ins Auge fassen. Von einem günstigen Standpunkt, wie etwa von der Burgfluh beim Dörfchen Hochfluh auf dem Hasliberg bei Meiringen, lässt sich der gesamte Ostabfall der Faulhorngruppe sehr schön übersehen. Eine Schwierigkeit bei der Abstraktion der Tektonik liegt nur darin, dass das Aarethal nicht quer zum Streichen, sondern schief dazu eingeschnitten ist. Was wir sehen, sind weder die Schichtköpfe, noch ein Querprofil, sondern ein schiefer Anschnitt. Gerade deshalb ist es für eine richtige Erfassung durchaus notwendig, die an Ort und Stelle beobachteten Details mit dem aus der Ferne gewonnenen Gesamtbild zu kombinieren.

Das landschaftliche Bild der Faulhorngruppe vom Hasliberg aus wird beherrscht durch eine Anzahl langsam aus dem Aarethal aufsteigender und allmählig gegen Nord-West sich erhebender Terrassen, auf welchen erst die eigentlichen Gipfel, wie Wandelhorn, Tschingelhorn und Garzen, Gerstenhorn und Burghörner (Oltschikopf) sich erheben. Wir erkennen sogar ganz deutlich das mehrfach erwähnte Doggergewölbe der Ebenfluh, welches die Oltscherenalp bis auf den Staffel «Bühlen» hinunter in zwei parallele Terrassen scheidet Bei «Bühlen» ist die Umbiegung weg erodiert, sie findet sich aber wieder auf «Unter Wandelalp» und ist hier in den Felsbändern des Unter-Fluhwaldes schräg angeschnitten. Am Wege vom Mittelstaffel der Wandelalp zum Unterstaffel zeigt sich folgendes Profil (Fig. 14).

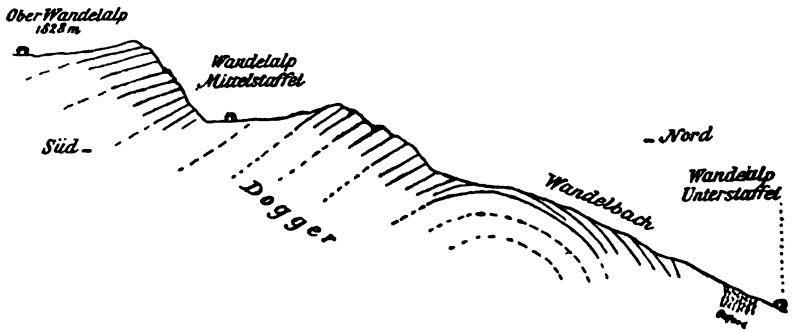


Fig. 14. Profil entlang dem Wandelbach von Wandelalp Oberstaffel bis Unterstaffel.

Dementsprechend lässt sich auch die Oxfordschieferzone des Grätli weiter nach Osten verfolgen. Zuerst in saigerer Stellung den eigentlichen Thalboden der Oltscherenalp bildend, schwenkt sie bei «Bühlen» ebenfalls nach Osten um und ist im Bachbett zwischen Wandelalp-Unterstaffel und der Terrasse von Isetwald aufgeschlossen (vergl. Fig. 14).

Die Schiefer fallen hier 45° SSE und sind sekundär gefaltet. Sie ziehen sich unter dem Dogger des Unterfluhwaldes gegen die Reichenbachfälle. Die Terrasse Iseltwald-Falcheren wird gebildet von Schichtflächen des Malm. In steilen Wänden stürzt derselbe ab gegen die Terrasse Schüttelboden-Prasti, die ebenfalls aus Malm besteht, wie zu einem grossen Teil noch die Terrasse Zaun-Hinterburg. Den untern Teil des letztern Fluhbandes bilden die durch Baltzer und Mœsch beschriebenen Oxfordschiefer von Unterheid. Wir haben also vom Wandelhorn bis hinunter ins Aarethal folgende Schichtserie:

Dogger,
Oxford,
Malm,
Oxford.

Die Verhältnisse bei Meiringen und ihre Deutung durch Baltzer[1]) zeigen uns, wie diese Aufeinanderfolge zu verstehen ist. Wir haben hier nichts anderes vor uns, als die nördliche Mulde der von Baltzer entdeckten Reichenbachdoppelfalte, nur ist das Eocän hier bereits nicht mehr vorhanden, sondern der Muldenkern besteht aus Malm. Ferner richtet sich diese Mulde derart auf, dass sie fast zum Gewölbe wird, ein Beispiel, dessen Analogon Heim[2]) an der Axenstrasse gefunden hat. Der ganze doppelt gelagerte Malmzug, der volle drei Terrassen und ihre Abstürze umfasst, streicht nun, begleitet von den zwei Oxfordzonen, in die Burghörner und den Oltschikopf, wo er die bereits beschriebenen Windungen bildet.

Wenn wir durch die Verhältnisse bei Meiringen gezwungen sind, den östlichen Teil der Faulhorngruppe als eine grosse liegende Mulde aufzufassen, so stimmt diese Auffassung nicht mehr vom Oltschikopf gegen Westen. Unser Profil lässt eine solche Deutung nicht zu. Eine Thatsache gilt für beide Gebiete, die umgekehrte Lagerung von Dogger, Oxford und Malm auf der Linie Sägisthal-Axalphorn-Oltscheren-Meiringen. Der Malm des Fluhbandes Falchern-Iseltwald entspricht in seiner tektonischen Stellung genau dem Malm Axalphorn-Schwabhorn, aber im Osten ist dieser Malmzug der obere Schenkel einer nach Nord gerichteten liegenden Eocänmulde, wobei er also gegen Nord von ältern Gebirgsgliedern umhüllt würde; am Axalphorn und weiter westlich aber erscheint er uns als oberer Schenkel einer südlich unter

[1]) A. Baltzer, Aarmassiv. Tafel III, Profil 1.
[2]) A. Heim, Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, pag. 61 ff.

den Dogger hinabtauchenden Kreidemulde, hat also seine Rolle gerade vertauscht. Dies bleibt uns vorläufig unverständlich, und es lässt sich deshalb über die Auffassung der Faulhorngruppe als Ganzes auch auf unserer Profillinie noch nichts sagen. Vielleicht liegt der Schlüssel dazu in den Verhältnissen der tiefeingeschnittenen Thäler von Grindelwald und Lauterbrunnen.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen kurz zusammen, so finden wir, dass die gesammelten Thatsachen zu einer tektonischen Erklärung der ganzen Gruppe und zum Anschluss an die folgende Zone des Aarmassivs nicht reichen. Dennoch lassen sich eine Reihe allgemeiner, tektonischer Züge aus unserem Querschnitt herleiten.

Viel deutlicher als im Brienzergrat tritt uns hier überall die Nordrichtung des Seitenschubes entgegen. Die Falten sind, mit wenigen Ausnahmen, gegen Nord übergelegt und das stärkste Produkt des horizontal wirkenden Seitenschubes sind die Schuppen am Giessbach. Trotz dieser gemeinschaftlichen Nordrichtung der Falten sind die beiden Gebiete, das nördliche Malm-Kreide- und das südliche Doggergebiet in ihrem Faltenwurf sehr verschieden. Der Unterschied rührt aber nur her von der verhältnismässigen Steifheit des Malms, der stets grosse Wellen bildet und sich nicht gern im kleinen fältelt. Umgekehrt nähern sich die kleinern Falten des Doggergebietes mehr dem im Brienzergrat beobachteten Typus der Faltung entsprechend der grösseren petrographischen Verwandtschaft der gefalteten Gesteine. Immerhin bewirkt auch hier die grössere Intensität der Faltung gegenüber dem Brienzergrat eine stärkere Knickung der Falten und namentlich eine seltene Regelmässigkeit der Richtung. Der Schub war offenbar in der Faulhorngruppe stärker als im Brienzergrat. Dies ist zum Teil eine Nachwirkung des Aarmassivs, welche sich auch in der allgemeinen Abnahme der Faltungsintensität von Süden nach Norden wiederspiegelt.

Auch der vom Brienzergrat vielfach abweichende orographische Charakter hat zum Teil in der Petrographie, zum Teil in der Tektonik seine Begründung. Wir haben bereits die Neigung des Malms zu Fluhwänden und Terrassen erwähnt; wir haben gesehen, wie die weichen Oxfordschiefer zu isoklinalen Depressionen Veranlassung geben und wie im Gebiete des Doggers, trotz intensiver Faltung, eine gewisse Einförmigkeit in den Vordergrund tritt.

Der Einfluss der Tektonik markiert sich im allgemeinen in dem steilen Absturz der Faulhorngruppe gegen den Brienzersee und den flachern Gehängen der südlichen Abdachung, wo die Neigung fast mit der Schub-

richtung zusammenfällt. Allerdings spielt hier auch wieder der petrographische Charakter mit, denn ein so ausgedehnter Kessel, wie der von Grindelwald, konnte nur in weichem Dogger und Oxford erodiert werden.

IV. Das Gotthardmassiv.

Das Profil schneidet die westliche Fortsetzung des Gotthardmassives auf der Südseite des Gomserthales in einer Breite von 5 Km. Die mesozoische Urserenmulde, welche bei Ulrichen auf dem rechten Ufer der Rhone noch aufgeschlossen ist, ist bei Münster, wo unser Profil durchgeht, nicht sichtbar. Sericitschiefer und Gneisse bilden die Abhänge von Münster.

Am südlichen Gehänge des Oberwallis lassen uns eine Reihe tief eingeschnittener Querthäler den Bau und die Zusammensetzung des Gebirges erkennen. In der Nähe unserer Profillinie wurde das Blindenthal zur Untersuchung gewählt, weil es gangbar und tief eingeschnitten ist und sehr weit ins Gebirge hineinreicht. Als Profilkamm diente der fast mit der Projektionsebene zusammenfallende Bergrücken, welcher sich von Münster über Reiftalp, Stockhorn und Sädelhorn zum Merzenbachschien hinaufzieht. Die Beobachtungen auf diesem Kamm wurden sowohl in Bezug auf die Lagerung, als auf die Gesteinsarten mit denjenigen der rechten Seite des Blindenthals kombiniert, sofern sich nicht auf der nur kurzen Strecke in der Streichrichtung gewichtige Veränderungen ergaben.

Auf Blatt XVIII der geologischen Karte der Schweiz ist der ganze breite Streifen des westlich auskeilenden Gotthardmassives mit GnS bezeichnet. Leider gibt Gerlach im Text zu Blatt XVIII[1]) keine nähern Angaben über diesen Gneis supérieur, er beschreibt nur die ebenfalls mit GnS bezeichneten Gneissmassen von Lebendun, Ofenhorn-Monte-Leone und Monte Rosa. Aber näher als der Vergleich mit diesen liegt uns derjenige mit den Beobachtungen von Stapf,[2]) Fritsch[3]) und Baltzer[4]) im mittleren, von Heim und Schmidt im östlichen Gotthardmassiv.

[1]) H. Gerlach, Die Penninischen Alpen.

[2]) Stapf, Geolog. Profil durch den St. Gotthard etc.

[3]) v. Fritsch, Das Gotthardgebiet.

[4]) A. Baltzer, Das mittlere Aarmassiv samt einem Teil des Gotthardmassivs etc.

Die Kammlinie Münster-Sädelhorn bietet im allgemeinen günstige Aufschlüsse. Am dürftigsten sind sie am nördlichen Abfall gegen das Rhonethal. Die schwer zugänglichen Wände am Ausgang des Merzenbachtobels zeigen steil S E fallende Glimmerschiefer. Dann ist erst wieder beim Signal 2282 m. Anstehendes zu finden. Es sind 45° S 25° E einfallende sericitische und stark verwitterte Augengneisse zum Verwechseln ähnlich den Sericitaugengneissen des Trützithales nördlich von Münster (Aarmassiv). Die Augengneisse halten an bis zu einem Punkte (ca. 2400 m.), von welchem man plötzlich das Stockhorn, den ganzen Grat bis zum Sädelhorn und den Nordabhang der Blindenhorngruppe übersieht. Es folgen nun Zweiglimmergneisse mit zahlreichen, oft bis 1 dm. dicken Quarzlagen; das Einfallen wechselt von 26 — 50°. Gegen den Gipfel des Stockhorns zu stellen sich wieder Augengneisse ein und am Stockhorn selbst 2635 m. fallen die Straten 37° gegen S S E.

Im Absteigen zu den Hochbachseen wird das Einfallen immer steiler; 75° S S E fallende granatführende Glimmerschiefer bilden den Riegel, welcher die Seen von dem Kessel der Hochbachalp trennt.

Von den Hochbachseen bis hinauf zum Sädelhorn herrscht ein gleichmässiges Einfallen von 70° S, 25° E. Das Gestein ist meist ein prachtvoller Augengneiss mit hühnereigrossen Feldspatkrystallen, die auf verwitterten Schichtflächen als Knoten hervorragen. Es lässt sich nun Schritt für Schritt verfolgen, wie diese Augen ausgezogen, resp. breitgedrückt werden, auf dem Querbruch linsenförmig langgestreckt erscheinen, auf der Schichtfläche hingegen grosse weisse Flatschen bilden. Ein weiteres Stadium ist die Ausquetschung zu eigentlichen parallelen Lagen, und das Extrem ist ein ganz dünnschiefriger Schlieren- oder Lagengneiss, den man kaum mit den normalen Augengneissen in Zusammenhang bringen würde, wenn sich nicht an Ort und Stelle der allmählige Übergang so schön beobachten liesse. Die ganze Schichtserie war wohl ursprünglich ein homogener, porphyrisch struierter Granit, der nun infolge der wechselnden Intensität des Druckes bald zu einem normalen Augengneiss, bald zu einem Lagengneiss geworden ist. Merkwürdig ist der Umstand, dass oft unveränderte Augengneisse direkt an dünnschiefrige Lagengneisse grenzen und alle Übergänge fehlen. Ob hier wirklich die Intensität des Druckes so wechselnd war, oder ob bereits die primären Gesteine strukturelle Verschiedenheiten besassen, ist heute schwer zu unterscheiden. Die Darstellung dieser Augengneisszone gibt Fig. 15.

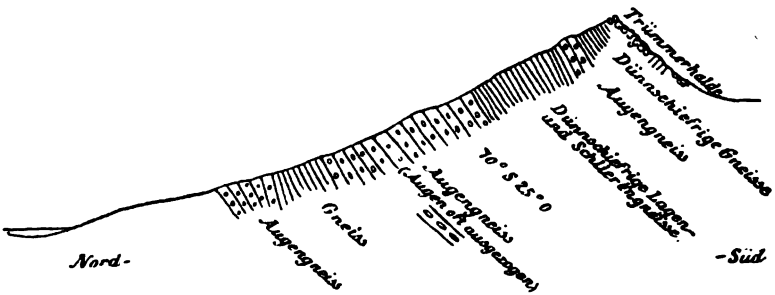


Fig. 15. Profil vom Hochbachsee zum Sädelhorn.

Der Gipfel und Grat des Sädelhorns 2813 m. bestehen aus einem Gewirr von Trümmern und Blöcken von Lagengneiss. Desgleichen der Abhang gegen den Hohlauibach. Allerdings glaubt man da und dort NW-Fallen zu beobachten, doch ist dies erst weiter unten im Tobel des Hohlauibaches sicher nachzuweisen.

Im Blindenthal lässt sich folgendes beobachten. Unter der Moräne, welche am Thalausgang zunächst das Anstehende verdeckt, finden wir 74° thaleinwärts fallende Glimmerschiefer, nach kurzer Unterbrechung ebenso mit 66° SSE-Fall. Es folgt ein biotitreicher Gneiss; der Hügel mit der Kapelle Staldenbühl besteht aber schon wieder aus 45° einfallendem Glimmerschiefer. In einem tief eingerissenen Seitentobel, ca. 250 m. oberhalb der Kapelle, stehen fast saigere Sericitschiefer mit weissen, seidenglänzenden Schichtflächen.

Vegetation und Schutt verdecken nun eine Strecke weit das Anstehende, bis an den Thalgehängen Fluhwände hervortreten, die gleich von Anfang an aus Augengneiss bestehen. Derselbe ist offenbar die Fortsetzung des oben bei Punkt 2282 m. beobachteten. Im weitern herrscht ein beständiger Wechsel von Gneiss und Augengneiss bis an die Grenze der Glanzschiefer hinten im Hohlauibach. Die Hauptvarietät des Gneisses ist ein zweiglimmeriger, feinkörniger, stark gestreckter Gneiss, welcher der Gneisszone oben am Nordabhang des Stockhorns und an diesem selbst entspricht. Von Einlagerungen ist eine dünne Zone von Amphibolit zu erwähnen.

Die Lagerung ist durchweg senkrecht. Unter den Wänden der rechten Thalseite, sowie namentlich auf dem Grat von Oberhohbach ist sehr schön zu beobachten, wie an der linken Thalseite die im Thale senkrecht stehenden Straten sich oben gegen N umlegen und jene Stellung annehmen, die wir an unserem Profilgrat beobachtet haben.

Der Kontakt des Gotthardmassives gegen die südlich folgende Glanzschieferzone bedarf noch der Erläuterung.

Die südliche Grenze des Gneisses wird von der Einsattelung zwischen Sädelhorn und Merzenbachschien weg bezeichnet durch das Tobel des Hohlauibaches. Die Kontaktverhältnisse werden durch Fig. 16 und 17 veranschaulicht. In letzterer Figur folgen sich die Profile von Ost nach West in der Richtung des Hohlauibaches. Das NW fallende Grenzgestein des Gotthardmassives ist ein hellgrauer,

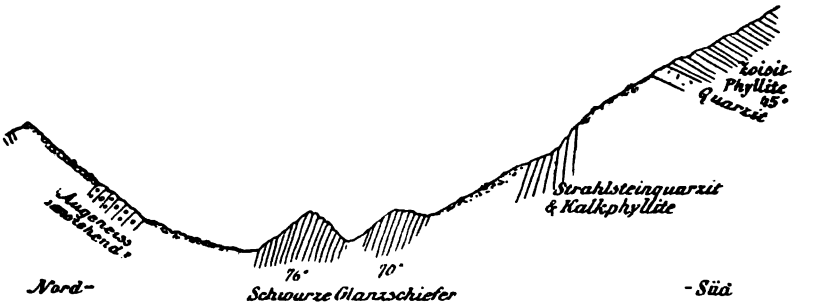


Fig. 16. Kontakt von Glanzschieferzone und Gotthardmassiv zwischen Sädelhorn und Merzenbachschien.

schuppiger Sericitschiefer mit vielem, eigentümlich stäbchenförmigem Biotit. Das Gestein ist meist stark verwittert. Da das Tobel ein starkes Gefäll besitzt, so liegt natürlich jedes der folgenden Profile entsprechend tiefer als das vorhergehende, wie es die Zeichnung auch zur Darstellung bringt. Fig. 17.

Zwischen dem normalfallenden Gneiss des Gotthardmassives und dem Gros der Glanzschiefer findet sich also eine Zone ganz widersinnig einfallender Gneisse und Glanzschiefer, welch letztere lokal von normal liegenden Glanzschiefern überschoben sind. Diese Zone ist nur schmal und gut zu übersehen unten im Blindenthal gegenüber dem Ausgang des Hohlauibachtobels, etwa oberhalb der Hütten «beim Keller». Man beobachtet hier, dass nur eine ganz schmale südliche Randpartie der Gotthardgneisse gegen NNW einfällt, denn nur wenige Meter nördlich des Tobelausganges stehen die Gneissbänke normal senkrecht wie durch das ganze Blindenthal. Die gegenüberliegenden Glanzschiefer hingegen fallen 45° gegen SSE und stellen sich erst weiter südlich saiger, konkordant den Gneissen. Der Zusammenhang der im Tobel anstehenden NW fallenden Gneisse mit den senkrecht stehenden ist am Tobelausgang leider durch Vegetation verdeckt.

Die Verhältnisse zusammenfassend, haben wir also, vom Rhonethal ausgehend, zunächst eine Zone von Glimmerschiefer und Gneiss,

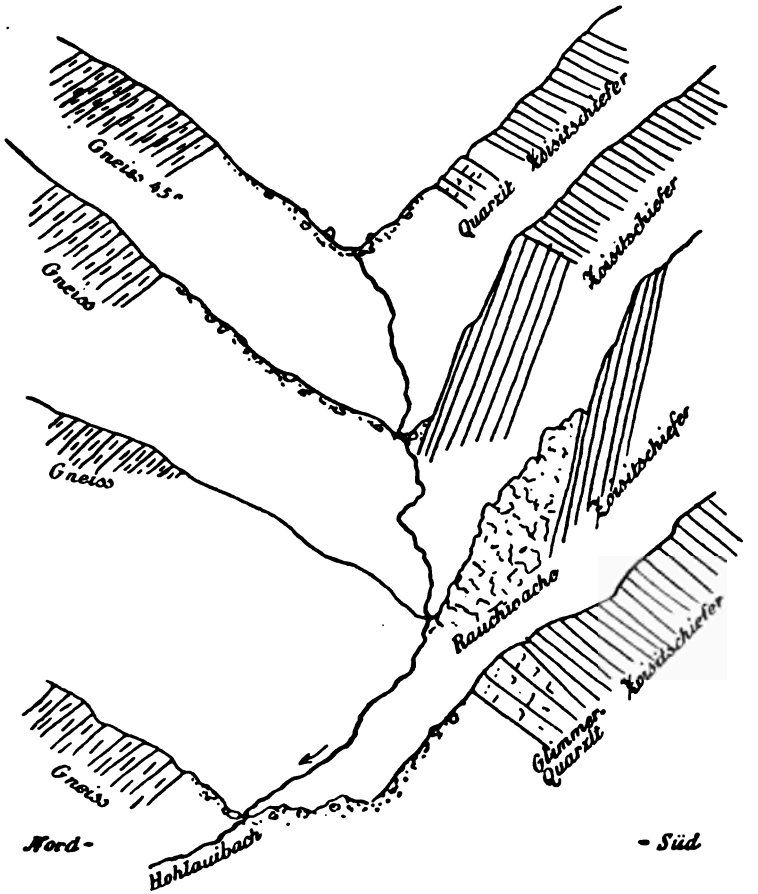


Fig. 17. Kontaktverhältnisse zwischen Gotthardmassiv und Glanzschieferzone im Tobel des Hohlauibaches.

die steil nach SSE einfallen. Auf dieselbe folgen, das ganze übrige Schichtsystem umfassend, ausgezeichnete Augengneisse mit Gneisslagen, welche zu einem grossen Teil, so namentlich in der südlichen Hälfte, augenscheinlich durch grösseren Druck aus den Augengneissen entstanden sind. Die Lagerung ist einfach, senkrecht im Thalgrunde und oben gegen N umbiegend. Ob die nördliche Glimmerschiefer- und Glimmergneisszone derjenigen des Gotthard entspricht (Gotthardgneiss B von Baltzer), ist unentschieden. Sie müsste im Streichen verfolgt werden. Jedenfalls ist aber unser Augengneiss nichts anderes als der Gotthardgneiss A von Baltzer (Sellagneiss von Stapf, Gamsbodengneiss von Fritsch).

Nur ist im Profil Hospenthal-Hospiz und mehr noch westlich am Gotthard die porphyrische Ausbildung die Ausnahme,[1]) *während sie hier die Regel ist. Unsere Augengneisse entsprechen vielleicht denjenigen, welche C. Schmidt aus der Gruppe des Piz Medel und Piz Vial im Ostflügel des Gotthardmassives beschreibt.*[2])

Endlich muss noch hervorgehoben werden, dass der Kontakt zwischen Gotthardmassiv und Glanzschieferzone Unregelmässigkeiten zeigt, die uns denselben als eine Bruchlinie auffassen lassen. Eine schmale Zone oder die ganze Glanzschieferzone ist eingesunken und hat dabei die angrenzenden Gotthardgneisse mitgerissen, so dass diese am Kontakt widersinnig einfallen.

V. Die Glanzschieferzone.

Das obere Rhonethal herauf zieht ein gewaltiger Komplex mehr oder weniger krystallinischer Schiefer von sehr verschiedenartigem Habitus, die nach einer weitverbreiteten Abart den Namen Glanzschiefer oder Schistes lustrés erhalten haben. Bei Grengiols teilt sich der Zug, indem von Osten her das Gotthardmassiv sich dazwischen schiebt. Die nördliche Zone verfolgt weiter das Rhonethal und findet ihre Fortsetzung in dem Muldenzuge Urseren-Tavetsch. Die Hauptmasse hingegen bildet südlich des Gotthardmassives eine breite Zone, welche durch das Binnenthal und das Blindenhorn hinüberstreicht zum Nufenenpass und über Val Bedretto, Val Canaria und Val Piora das Gebiet der Bündnerschiefer erreicht.

Lory, Bertrand und Gerlach halten die Glanzschiefer für triadisch, die italienischen Geologen erblicken darin Carbon, Heim und C. Schmidt halten nach ihren neuern Untersuchungen sich für berechtigt, die Hauptmasse der Glanzschiefer dem Lias zuzuzählen.

In unserem Querschnitt ist die Glanzschieferzone etwas über 5 Kilometer breit und umfasst die kulminierenden Punkte der Blindenhorngruppe im Merzenbachschien 3224 m., Blindenhorn 3384 m. und Hohsandhorn 3197 m.

Die Gesteine der Glanzschieferzone sind äusserst verschiedenartig. Wir vermögen in unserer Profillinie drei Abteilungen petrographisch und stratigraphisch auseinander zu halten. Eine erste, nörd-

[1]) A. Baltzer, Aarmassiv etc. p. 88.

[2]) Heim und Schmidt, Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, Anhang pag. 26.

liche Gesteinsgruppe besteht aus schwarzen Glanzschiefern, Strahlsteinquarzit und hellen Kalkphylliten, Thonglimmerschiefern und Zoisitphylliten. Eine zweite Gruppe, die Mittelzone bildend, hat einen einförmigeren Charakter, es sind mehr oder weniger krystalline, hellgraue und glänzende Kalkglimmerschiefer. Ihre rote Verwitterungskruste gibt der Umgebung des Blindenhorns ein eigenes Gepräge und hat zu Namen wie Siedelrothorn und anderen Veranlassung gegeben. Die dritte, südliche Zone endlich ist charakterisiert durch das Vorkommen des bekannten zuckerkörnigen Binnenthaler Dolomites. In Form grosser Linsen ist er eingelagert in höchst heterogene, von Schritt zu Schritt wechselnde Gesteine, die zwischen Kalkphylliten, Glimmerschiefern und Gneissen schwanken und öfters durch Reichtum an Granat sich auszeichnen.

Die Glanzschieferzone bildet in unserem Profil einen Fächer. Südliches Einfallen von ca. 45° herrscht im Norden, senkrechte Stellung in der Mitte und nördliches Einfallen von ca. 65° im Süden. Damit steht allerdings der Muldenbau der Zone keineswegs fest, denn die symmetrische Anordnung der einzelnen Glieder fehlt; die Zone ist vielmehr ganz unsymmetrisch gebaut und beiderseits von Bruchlinien begrenzt.

Die eine dieser Bruchlinien, nämlich der Kontakt zwischen Gotthardmassiv und Glanzschieferzone, ist bereits berührt worden, und es bleibt noch übrig, die auf die Glanzschiefer bezüglichen Einzelheiten nachzutragen, wobei auf Fig. 16 und auf die Querprofile durch den Hohlauibach (Fig. 17) verwiesen wird.

Die Überschiebung der steilstehenden Zoisitphyllite durch ca. 45° S fallende Gesteine derselben Art (Fig. 17, III) lässt sich auch vom jenseitigen Gehänge des Blindenthals gut übersehen, da namentlich die gelben Quarzitbänke deutlich hervortreten und den Verlauf der Schichten von ferne erkennen lassen.

Von der Lücke zwischen Sädelhorn und Merzenbachschien haben wir ein fast ununterbrochenes Profil bis zu dem 3224 m. hohen Gipfel des letzteren. Die Verhältnisse der untern Hälfte stellt Fig. 16 dar; da wo das Einfallen plötzlich von NW nach S übergeht, liegt vielleicht auch eine Überschiebung vor wie im Hohlauibachtobel.

Die Zoisitphyllite sind ruppige, schwarze Schiefer, welche auf den Schichtflächen die bekannten Linsen und Stengel des gleichfalls schwarzen Zoisits enthalten.

Sie halten an bis auf den Grat des Merzenbachschien, sind aber unter der letzten grossen Felswand unterbrochen von einer zweiten Quarzitzone, die weiter westlich als von weitem sichtbare gelbe Wand den Grat selbst bildet. Der Merzenbachschien, 3224 m., besteht aus Zoisitphylliten, untermischt mit Kalkphylliten, welche ihrem Habitus nach den Übergang bilden zu den helleren Kalkphylliten des Blindenhorns. Quarzeinlagerungen sind häufig. Die Schichten des Grates sind stark gestaut und gefältelt.

Das Gemeinsame dieser ganzen nördlichen Zone besteht demnach in ihrer vorzugsweisen schwarzen Farbe, welche der Landschaft einen eigenartig düstern Charakter verleiht, zumal in dieser Höhe das Grün der Weiden fehlt. In dieser Zone wurden auch weiter östlich am Nufenen und am Scopi die Belemniten gefunden, aus denen man auf ein liasisches Alter dieser Ablagerungen geschlossen hat. Es ist mir trotz aller Mühe nicht gelungen, in den mächtigen Schutthalden am Merzenbachschien Fossilien aufzufinden.

Die ganze Mittelzone vom Sattel nördlich Punkt 3226 m. über das Blindenhorn bis hinunter ins Hohsandhorn besteht aus den ruppigen, stark glänzenden Kalkglimmerschiefern, wie sie typisch am Gipfel des Blindenhorns 3384 m. 62° N einfallen. In dem erwähnten Sattel stehen sie saiger. Südlich des Blindenhorns ist das Einfallen regelmässig ca. 65° N. Von Einlagerungen ist zu erwähnen ein Streifen dunkelgrüner Chloritschiefer am linken Ufer des Hohsandgletschers, südwestlich des Siedelrothorns.

Die südliche Zone der Glanzschiefer, die Gneiss-Dolomitzone, kommt aus dem Binnenthal über das Hohsandhorn in die südwestlichen Hänge des Siedelrothorns und nach Alp Bettelmatten. Ihre südliche Grenze, also die Grenze der Glanzschiefer überhaupt, liegt im Sattel südlich des Hohsandhorns, geht von da quer über den Hohsandgletscher nach Punkt 2931 m. Beim Neufelgiupass stossen die Glanzschiefer mit den Deveroschiefern zusammen, und beide erreichen gemeinsam das obere Val Formazza. Die Dolomitlager des Binnenthals bis zum Hohsandhorn, sowie östlich bei Bettelmatten und Morast hat Gerlach beschrieben. Es erübrigt uns der Nachweis der Verbindungsstücke. Die Dolomitlager bilden in meinem Untersuchungsgebiete stets langgestreckte Linsen, die konkordant, gewöhnlich saiger oder steil einfallend den Glanzschiefern eingelagert sind. Die grösste dieser Linsen bildet den Buckel «zum Stock, 2351 m.» auf Hohsand, zieht unter dem Siedelrothorn durch und verschwindet unter dem Firn. Das nächste Lager

treffen wir am Südabhang des Hohsandhorns, und endlich mögen noch zwei saigerstehende Lager an den Südwestgräten des Banhorns erwähnt werden. Die Lager fallen wegen der intensiv weissen Farbe des Gesteines inmitten der roten Glanzschieferlandschaft sehr in die Augen.

Die ausserordentlich mannigfaltigen Gesteine, welche die Dolomite begleiten, sind am schönsten aufgeschlossen an dem gut gangbaren Abhange vom Gipfel des Hohsandhorns hinunter nach der Lücke südöstlich desselben. Fig. 18 gibt das Profil.

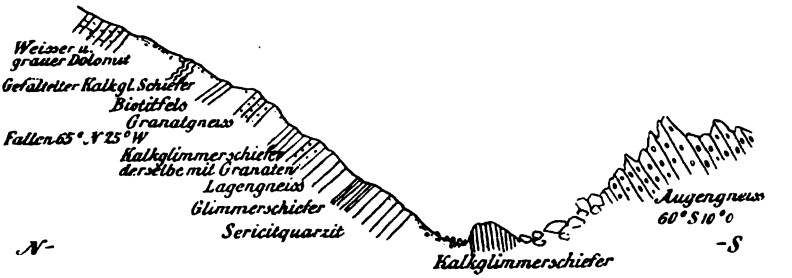


Fig. 18. Die Glanzschiefer am Südabhang des Hohsandhorns und der Kontakt gegen die Ofenhorngneissmasse.

Damit ist aber die Mannigfaltigkeit der Gesteine der Glanzschieferzone bei weitem noch nicht erschöpft. Die Moräne des Hohsandgletschers einerseits, wie auf der Nordseite diejenige des Blindengletschers, bieten noch eine grosse Anzahl der verschiedensten Typen, deren Beschreibung hier zu weit führen würde.

Was die Tektonik der Glanzschieferzone anbetrifft, so ist bemerkenswert, dass sich unser Durchschnitt nicht wohl den weiter westlich und östlich geltenden Anschauungen anschmiegt. Gerlach fasst in einem Profil, das er 12 Km. weiter westlich durchgelegt hat[1]), die Glanzschieferzone als Mulde auf. Die beiderseitige Einfassung der Glanzschiefer durch Dolomit scheint ihn dazu bewogen zu haben. Ob auch Konkordanz gegen das angrenzende Gotthardmassiv und die Ofenhorngneissmasse besteht, ist aus seinem Profil nicht zu ersehen.

Ebenso wird weiter östlich die Glanzschieferzone im Val Bedretto ebenfalls als Mulde betrachtet.[2]) Und nun unser Querschnitt. Die Scheidung der Gesteine in drei Zonen und deren einseitige Lagerung lässt von vornherein eine Mulde als unwahrscheinlich erscheinen. Zwar haben wir auch die Rauchwacke an der Nordgrenze (Fig. 17, III),

[1]) H. Gerlach, Penninische Alpen. Taf. I. Prof. I.

[2]) Fritsch, Stapf, Grubenmann etc. etc.

aber sie fehlt am Südrand; dafür sind die Dolomite da. Die Zoisitphyllitzone wiederholt sich nicht, und es ist mehr als fraglich, ob die Gesteine am Südabhang des Hohsandhorns nur die stärker metamorphisierten Äquivalente der liasischen Zoitphyllite und schwarzen Schiefer seien. Ein anderer Grund, der gegen den Muldenbau spricht, liegt in den Kontaktverhältnissen am Nord- und Südrand. Der Nordrand ist auf und in der Nähe der Profillinie eine deutliche Bruchlinie, was aus den Detaildarstellungen ohne weiteres hervorgeht, ebenso erweist sich der Südrand gegen die Ofenhorngneissmasse als eine solche (Fig. 18), die bereits von B. Studer,[1]) Lory und Diener[2]) so gedeutet wurde. Unser Profil würde also mehr der von Lory und Bonney[3]) vertretenen Anschauung, einer zwischen Brüchen eingeklemmten Grabenversenkung entsprechen.

Ein Ueberblick des Querschnittes der Glanzschieferzone auf unserem Profil zeigt also zunächst die Aufeinanderfolge von drei petrographisch verschiedenen Zonen. Es sind, im N angefangen, schwarze Schiefer und Zoisitphyllite, deren jurassisches Alter am Nufenenpass nachgewiesen wurde. Es folgt eine mächtige Mittelzone rot anwitternder Kalkglimmerschiefer, die gegen S allmählig übergehen in die dritte Zone der Gneisse und Glimmerschiefer mit Einlagerungen von Binnenthaler Dolomit am Südabhang des Hohsandhorns. Zur Altersbestimmung der Gesteine vermag unser Querschnitt nichts beizutragen, indem sogar die nördliche Zone hier anscheinend petrefaktenleer ist. Tektonisch stellt die Glanzschieferzone sich dar als ein entlang Verwerfungen eingebrochener Streifen jüngerer Gesteine, wie es Lory und Bonney annehmen. Der für die Verhältnisse weiter westlich und östlich angenommenen Auffassung als Mulde widerspricht die Anordnung der drei Zonen, sowie die Begrenzung durch unzweifelhafte Bruchlinien am Nord- und Südrand.

VI. Die Binnenthal- und Monte-Leonegneissmasse.

Mit diesem Namen belegte Gerlach[4]) eine Gneissmasse, die östlich am Ofenhorn beginnend, über Albrunhorn, Helsenhorn und das Binnenthal südwestlich zum Monte Leone hin verläuft. Ihre

[1]) Studer, Geologie der Schweiz, I. pag. 223.

[2]) Diener, Westalpen, pag. 103.

[3]) Bonney. On the crystalline schists and their relation to mesozoic rocks in the Lepontine Alps.

[4]) Gerlach, Penninische Alpen, pag. 113 u. ff.

Lagerung im Binnenthal ist nach demselben Forscher derart, dass an ihrer Nordgrenze die Gneisse steil südlich, weiterhin dann flach und an ihrem Südrande flach nördlich einfallen. Unser Profil, welches diese Gneissmasse nahe ihrem östlichen Ende durchschneidet, spiegelt die von Gerlach angegebenen Verhältnisse wieder. Über die Einzelheiten in der Lagerungsweise und der petrographischen Ausbildung auf unserer Profillinie ist folgendes zu sagen.

Der Ofenhorngneiss, wie wir der Kürze halber diesen Gneiss benennen wollen, fällt schon orographisch sehr in die Augen. Durch das Herumwandern in der Glanzschieferzone daran gewöhnt, immer nur rote und schwarze Felsen zu sehen, ist man plötzlich erstaunt, wenn man schon von weitem ein helles, weisses Gestein an die rostbraunen Kalkglimmerschiefer grenzen sieht. Oben im Firnfeld des Hohsandgletschers stehend, sehen wir rechts und links der Firnmulde den Kontakt der weissen Gneisse mit den roten Glanzschiefern des Hohsandhorns und Banhorns. Von demselben Standpunkte aus glaubt man auch vollkommene Konkordanz der beiden Bildungen zu beobachten, indem an dem zerhackten Grat, welcher vom Hohsandhorn zum Ofenhorn hinüberführt, steiles Nordfallen zu herrschen scheint, wenigstens richten all die zahllosen Spitzen des Grates sich gegen S in die Luft. Um so mehr ist man erstaunt, bei der Untersuchung an Ort und Stelle zu sehen, dass die Schieferung beinahe senkrecht auf dieser N fallenden Absonderung steht, dass also der Gneiss am Kontakt mit 60° nach S 10° E einfällt (Fig. 18). Das Gestein ist ein prachtvoller zweiglimmeriger Augengneiss, der, nach der weissen Farbe der Felsen zu schliessen, den ganzen Grat bis zum Hohsandhorn bildet und erst jenseits von den dunklen Glimmerschiefern des Ofenhorns überlagert wird. Das Ofenhorn, 2342 m., konnte leider infolge ungünstiger Schneeverhältnisse nicht erstiegen werden.

Die Felsen bei Punkt 2781 m.[1]) bestehen aus einem dunkeln Glimmerschiefer, der mit 40° nach S 25° E einfällt. Der Färbung nach zu schliessen, scheint das ganze Ofenhorn aus demselben zu bestehen, ausgenommen der Ostgrat, wo sich wieder weisse Augengneisse einschieben. Die untern Partien aber, sowie der Westgrat, der das Becken des kleinen Fornogletschers vom Hohsandgletscher trennt, bestehen ganz aus dem weissen Augengneiss. Er findet sich auch jenseits der Gletscherzunge, die vom Hohsandfirn gegen den Lago Sruer hinabreicht, an dem westlichen Ausläufer des Banhorns. Die Felsen bei Punkt

[1]) Die Angaben beziehen sich auf Blatt 494. (Binnenthal) des S. A.

2710 m. bieten ein schönes Profil der mannigfaltigsten Gesteinsarten an der Grenze zwischen Glanzschiefer und Augengneiss. Der ganze Komplex fällt mit 25° gegen SW. Erwähnenswert ist hier die völlige Konkordanz der Augengneisse und Glanzschiefer.

Vom Ofenhorn zieht sich gegen S und SE ein Grat, der die Lebendunalpen von dem Kessel der Fornoalp scheidet. In Verbindung stehen diese beiden ausgedehnten Alpweidengebiete durch die Einsattelung des Scatta Minojo, 2597 m. Der Grat ist ausserordentlich zerhackt, eine Menge weisser Zacken und Spitzen ragen ruinenhaft in die Luft. Öfters unterbrechen Einsattelungen, wovon die Scatta Minojo die tiefgehendste ist, den scharfen Kamm. Die zackigen, ruinenhaften Verwitterungsformen sind aber streng an das weisse Gestein gebunden, in dem wir unsern Augengneiss wieder erkennen. Gleichsam als eine gewaltige Mauer erheben sich diese spärlichen Überreste einer früheren Gneissdecke auf den fast horizontal liegenden Deveroschiefern, welche im Gebiete der Forno-, Lebendun- und Businalpen auf weite Strecken entblösst sind und sich durch gute Weidegründe und eine Unmasse kleinerer und grösserer Seen auszeichnen. Der Aufstieg zur Passhöhe der Scatta Minojo und noch weiter auf einen der nächsten Felszacken gibt uns ein vollständiges Profil der untern Hälfte der Ofenhorngneissmasse. Fig. 19.

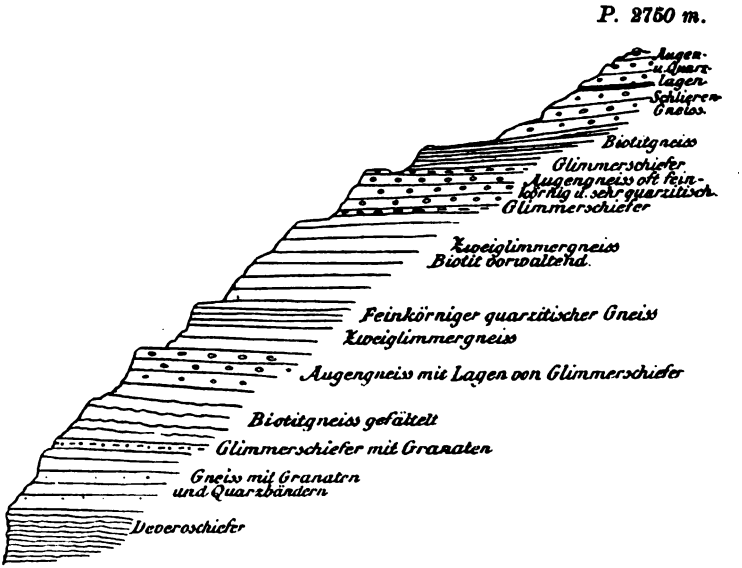


Fig. 19. Profil durch den obern Gneiss (Binnenthal-Monte-Leone-Gneissmasse) am Passe Scatta Minojo.

Die Hauptmasse der ganzen Schichtserie bildet im Liegenden ein typischer, stark linear gestreckter Zweiglimmergneiss, in höherem Niveau der bereits vom Hohsandhorn bekannte Augengneiss.

Die Ofenhorn- oder Monte-Leone-Binnenthalgneissmasse stellt sich nach den vorliegenden Untersuchungen dar als eine ziemlich flache Mulde, die im Norden mit einer Bruchlinie an die Glanzschieferzone anstösst, am Ostende derselben konkordant liegt und im Süden die Deveroschiefer normal überlagert. Das Gestein ist in der untern Hälfte vorwiegend ein Augengneiss, oben treten am Ofenhorn dunkle Glimmerschiefer auf.

An der untern Grenze, gegen die Deveroschiefer, weicht die Einförmigkeit der Augengneisse einem bemerkenswerten Wechsel mehr regelmässig feinkörniger Gneisse, die stellenweise Granat enthalten. Ob und wie die Ofenhorngneissmasse sich in die Tiefe fortsetzt, oder ob unter ihr durch die Deveroschiefer mit den Glanzschiefern zu verbinden seien, liess sich auf unserer Profillinie nicht weiter untersuchen.

VII. Das Antigoriogewölbe.

Es ist zwar gewagt, nach den neuesten Untersuchungen von H. Schardt[1]) noch von einem Antigorio- oder Simplongewölbe zu reden, aber es ist schwer für die bisher damit bezeichnete Gegend einen zusammenfassenden Ausdruck zu finden. So behalten wir den alten Namen bei, ohne damit die Gewölbenatur des Antigoriogneisses und ihre Konsequenzen präjudizieren zu wollen.

Für die Entscheidung der Frage, ob der Antigoriogneiss ein Glied eines regelmässigen Gewölbes oder aber eine überschobene Masse sei, vermag unser Profil leider nichts beizutragen, indem der tiefste Aufschluss (bei Foppiano im Val Antigorio) nicht bis auf das Liegende des Antigoriogneisses hinabreicht.

Insofern wäre auf unserem Querschnitt die Gewölbestruktur vollkommen, und eine Schwierigkeit nur am Kontakt gegen die Glanzschiefer. Das in unserem Durchschnitt normal aufrechte Gewölbe wird gegen NW zu einem nördlich überliegenden.

Das Formazzathal oder obere Val Antigorio ist in unserem Durchschnitt fast genau auf dem Gewölbescheitel eingeschnitten, so dass

[1]) H. Schardt. Gneiss d'Antigorio. Archiv. des scienc. phys. et nat. Décembre 1893.

im allgemeinen das Einfallen auf der rechten Thalseite ein nordwestliches ist.

Es zeigt der Nordwestflügel von oben nach unten folgende Schichtfolge:

Oberer Gneiss (Ofenhorngneiss),
Deveroschiefer,
Lebendungneiss,
Deveroschiefer,
Antigoriogneiss.

Der südöstliche Flügel zeigt dieselbe Zusammensetzung, nur mit dem Unterschied, dass infolge Fehlens der Lebendungneissmasse die Deveroschieferzone einheitlich ist.

Das oberste Glied der Schichtserie des nordwestlichen oder kurzweg Westflügels, nämlich der obere (Ofenhorn-)Gneiss, ist bereits Gegenstand der Betrachtung gewesen. Wir kommen nun an die Deveroschiefer. Eine Darstellung der geographischen Verbreitung und petrographischen Ausbildung dieser Gesteinszone gab bereits Gerlach,[1]) so dass wir uns auf die Verhältnisse auf und neben der Profillinie beschränken können.

Die Deveroschiefer unterlagern direkt den Augengneiss der Monte-Leone-Binnenthalgneissmasse. Die Auflagerungsfläche ist eine schwache (ca. 10°) NW fallende Ebene. Der grösste Teil der ausgedehnten Lebendun- und Businalpen liegt in den Deveroschiefern; überall treten die fast horizontalen Schichtbänder hervor.

An dem Passe Scatta Minojo, dessen Profil wir z. Teil schon kennen, beginnen die Deveroschiefer unter der Gneissdecke als rostbraun verwitternde, ruppige Kalkglimmerschiefer. Diesen einförmigen Habitus beibehaltend, ziehen sie sich über Passo Busin, 2495 m., hinüber nach Businalp. Hier ist nicht weit oberhalb des Sees ein ca. 3 m. mächtiges Lager von weissem, grobkörnig-krystallinischem Kalk. Sein Liegendes sind dunkle, zwei Glimmer führende Glimmerschiefer, die bald wieder in die ruppigen Kalkglimmerschiefer übergehen. Das Einfallen ist 10° nach NW.

Den schönsten Durchschnitt der ganzen Schichtserie von den Deveroschiefern der Businalp bis tief in den Antigoriogneiss gibt das Thal des Rio Vova, des Ausflusses des Lago Busin. Das Thal ist ein grossartiger Circus, der sich hoch über der Thalsohle des Val Antigorio erst öffnet, wie das in dieser Gegend und im Tessin die Regel ist.

[1]) H. Gerlach, Penninische Alpen, pag. 95 u. ff.

Nicht weit vom Südende des Lago Busin, 2371 m., beginnt der Absturz, über den ein schmaler Pfad nach Alpe Giove hinabführt. Zunächst ist man noch in den Deveroschiefern, bald aber betritt man einen weissen Gneiss, der als schmales Band von der Punta di Tanzonia herkommt und dabei an Mächtigkeit allmählig zunimmt. In unserem Profil mag sie ungefähr 250 m. betragen. Wegen seiner charakteristischen Entwickelung in der Lebendunschlucht wurde dieses Gestein von Gerlach Lebendungneiss genannt.[1]) Die Terrasse der Alp Giove gehört noch diesen Gneissen an. Er liegt horizontal oder fällt schwach nördlich.

Der zweite Absturz, unterhalb Giove, wird nun wieder durch Deveroschiefer gebildet, die in ihrem ruppigen Habitus mit den Kalkglimmerschiefern der obern Zone übereinstimmen. Sehr verbreitet ist hier ein äusserst zähes, schlackig aussehendes Gestein, das im Dünnschliff neben Muscovit eine schwarze Grundmasse zeigt, welche aus Feldspat, Calcit, Muscovit und Biotit sich zusammensetzt, Quarz fehlt. Die schwarze Farbe rührt von zahlreichem, fein verteiltem Eisenerz her. Diese Schiefer sind auch wieder ca. 250 m. mächtig, und halten an bis auf ca. 1850 m. An ihrer untern Grenze sind die bereits von Gerlach auf der Karte angegebenen Marmorlager infolge ihrer weissen Farbe von weitem sichtbar. Gleich darunter tritt der Antigoriogneiss mit bauchig-gerundeten Oberflächenformen aus dem nun flacher werdenden Gehänge hervor.

Diese eigentümliche Oberflächengestaltung charakterisiert den Antigoriogneiss und beherrscht das landschaftliche Bild. Es hat diese Gneissmasse, trotz ausgezeichneter Schieferung, orographisch exquisitmassigen Habitus. Die Parallelstruktur des Gesteins scheint keinen Einfluss auf die Verwitterungsformen auszuüben, wie wir es sonst bei krystallinen Schiefern zu sehen gewohnt sind. Es mögen die bauchigen Formen zum Teil auf Gletscherwirkung zurückzuführen sein.

Die Seitengehänge, sowie die Thalsohle des Circus des Rio Vova sind unterhalb der beschriebenen Abstürze überall mit Schutt bedeckt; den anstehenden Antigoriogneiss findet man erst wieder unterhalb des Dörfchens San Antonio. Er fällt hier schwach nördlich.

Bevor wir den Ostflügel des Antigoriogewölbes betrachten, müssen wir noch auf den Gebirgsstock der Cima Rossa einen Blick werfen. Die Cima Rossa sollte zuerst in das Profil mit einbezogen werden, die nachstehenden Erörterungen werden ergeben, warum davon Umgang

[1]) H. Gerlach, Penninische Alpen, pag. 113.

genommen worden ist. Begrenzt vom Formazzathal, den Lebendun- und Businalpen und dem Thal des Rio Vova erhebt sich dieser mächtige Stock bis zur Höhe von 3010 m. Zwei Spitzen entstreben dem gewaltigen Unterbau, der nördliche Clog Stafel 2965 m. und der Monte Giove 3010 m., auf welch letzteren sich wohl auch der ältere Name Cima Rossa bezieht (Dufourblatt XVIII). Die geologischen Verhältnisse dieses Berges erscheinen auf den ersten Blick abnorm. Die senkrechten Abstürze gegen die Lebendunschlucht und das Formazzathal zeigen von unten bis oben eine weisse Gneissmasse. Nur zu oberst liegt eine Decke von roten Deveroschiefern, daher der Name Cima Rossa. Im Ferneren sehen wir vom Gipfel des Clog Stafel die roten Schiefer schräg gegen die Lebendunalpen hinabsteigen und sich dort mit der Deveroschiefermasse der Lebendunalpen vereinigen. Die Scharte zwischen Clog Stafel und Monte Giove ist bis in den liegenden Gneiss eingeschnitten. Der Monte Giove trägt eine ganz isolierte Kappe von Deveroschiefern. Von Businalp gegen den Monte Giove ansteigend, ist man in Deveroschiefern. Diese halten an, beginnen aber immer steiler gegen SW einzufallen, sie biegen sich also in der Streichrichtung der ganzen Zone gegen NO auf. Sie bilden noch eine Strecke weit den Grat, der sich von der oben erwähnten Scharte zum Hauptgipfel hinauf zieht, dann erscheint ganz konkordant der Gneiss. Dieser Gneiss ist die Fortsetzung des Lebendungneissstreifens, den wir im Profil des Rio Vova angetroffen haben. Die Kontaktlinie ist vielfach gefältelt. Fig. 20.

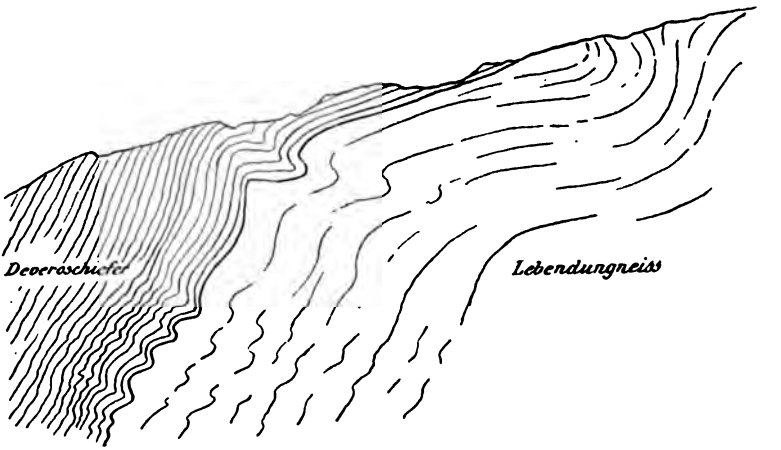


Fig. 20. Kontakt von Deveroschiefer und Lebendungneiss am Westgrat des Monte Giove 3010 m.

Das Massiv des Monte Giove ist also nichts anderes als eine ungeheure Anschwellung jener Gneisszone, die im Profil des Rio Vova ca. 250 m. Mächtigkeit besitzt.

Am Gipfel des Monte Giove zeigt der Gneiss flaches Südfallen, auf dem gegenüberliegenden Nackberg, bei ca. 2400 m. Höhe, flaches NW-Fallen. Das benachbarte Fregeilihorn, 2723 m., trägt, wie der Monte Giove, eine Kappe von Deveroschiefern.

Der petrographische Charakter des Lebendungneisses ist zweierlei Art; er ist entweder ein typischer Zweiglimmergneiss, der im Handstück von gewissen Antigoriogneissen nicht zu unterscheiden ist, oder aber er ist mehr granitisch mit sehr wenig dunklem Glimmer, an Aplite erinnernd. Die aplitische Facies wie der echte Gneiss kommen nebeneinander vor in der Nackberg - Fregeilihorngruppe sowohl, wie am Westabhang des Monte Giove. An letzterem Ort enthält er schwarze Einschlüsse eines ruppig-schlackigen Gesteins, das aus Biotit, Quarz und Calcit besteht und deutlich parallel struiert ist. Man kann sich fragen, ob es nicht Einschlüsse von Deveroschiefern seien, die beim Heraufquellen dieser grossen lagerartigen Masse mitgeschleppt wurden.

Bevor wir zum Ostflügel unseres Gewölbes übergehen, müssen wir noch mit einigen Worten der jüngst erschienenen geologischen Monographie des Val Ossola von Stefano Traverso [1]) gedenken, welche dieses Gebiet auch behandelt. Traverso gibt eine geologische Karte des Ossola, die bis zur Schweizergrenze reicht. Seine Schichtserie ist von Antigoriogneiss aufwärts gehend folgende:

Gneiss granitoide
Calcescisto gneissico
Gneiss scistoso
Gneiss biotitico ferruginoso.

Sein Gneiss granitoide entspricht unserem Antigoriogneiss, und da dieser sehr scharf abgegrenzt ist, so stimmt das Verbreitungsgebiet desselben mit der Gerlach'chen Karte (Dufour XVIII) überein. Der Calcescisto gneissico entspricht den Deveroschiefern und er ist im Westen im Gebiet der Alpen di Veglia und Devero richtig eingetragen; auch der Deveroschieferzug am Südfuss des Monte Giove und im Formazza stimmt mit den Gerlach'schen Aufnahmen und meinen Beobachtungen. Das ganze Obergestell des Monte Giove aber und das ausgedehnte Ge-

[1]) Stefano Traverso, Geologia dell'Ossola. Con 11 tavole e una carta geologica. Genova 1895.

biet der Lebendun- und Businalpen sehen wir nur mit einer einzigen Farbe des Gneiss scistoso bezeichnet. Nach dem Profil von Traverso Tafel VIII, Fig. 2 und dem darauf bezogenen Text pag. 211 ist als Gneiss scistoso zunächst die Lebendungneisszone gemeint, welche den Tosafall bildet und im Thal des Toce bei Riale von der obern Hälfte der Deveroschiefer überlagert wird. Dass aber eben diese obern Deveroschiefer, welche Traverso oberhalb Riale als Gneiss biotitico ferruginoso angibt, eben im Gebiet jener oben erwähnten Alpen ebenso verbreitet sind wie drüben bei Devero und sich schon landschaftlich von den weissen Gneissmassen des liegenden Lebendungneisses und des hangenden Binnenthal-Monte-Leonegneisses unterscheiden, scheint Traverso entgangen zu sein. Er wirft hier Lebendungneiss, Deveroschiefer und oberen Gneiss zusammen. Die Darstellung der Verbreitung dieser verschiedenen Horizonte auf der geologischen Karte der Schweiz Blatt XVIII entspricht weit besser den thatsächlichen Verhältnissen. Die Hauptmasse der Deveroschiefer ist übrigens ein echter Kalkglimmerschiefer, der allerdings da und dort etwas Feldspat enthält, aber doch nicht als Gneiss bezeichnet werden sollte, nicht als Gneiss biotitico ferruginoso und noch weniger als Gneiss scistoso, welcher Ausdruck für den Lebendungneiss und auch für diesen nur teilweise passt, da derselbe bekanntlich [1]) in der Lebendunschlucht ganz granitisch entwickelt ist.

Der Ostflügel unseres Gewölbes auf der linken Seite des Val Formazza oder Antigorio verrät durch kein Anzeichen eine östliche Fortsetzung der Lebendungneissmasse; wir haben einfach den Antigoriogneiss als Gewölbekern und die Deveroschieferdecke. Das Formazzathal oder Val Antigorio, wie es von hier weg heisst, ist in der Profillinie etwas westlich des Gewölbescheitels eingeschnitten. Die Gneissstraten fallen bei Punt Geschen auf der linken Thalseite noch 18° NW und erst weiter oben legen sie sich horizontal. In der Gipfelregion des Sonnenhorns ist das Einfallen durchschnittlich 20° SE.

Von Foppiano (Unterwald) im Val Antigorio verfolgt die Profillinie den Grat, der sich in SE-Richtung zur Gipfelgruppe der Corona di Groppo und des Sonnenhorns hinauf zieht. Entlang dem Einschnitte des Rio di Cramek und über die Alp gleichen Namens ist dem sehr zerklüfteten Grate unschwer beizukommen. Zugleich bietet das Bachbett des Rio di Cramek mannigfache Aufschlüsse im Antigoriogneiss

[1]) H. Gerlach, Penninische Alpen pag. 113.

der stets als typischer Zweiglimmergneiss in glimmerarmen und daran reichen Lagen abwechselt. Bei dem Staffel la Sah ist er als Augengneiss entwickelt. Das Einfallen wechselt fast jeden Augenblick, es schwankt zwischen 10° bis 25° E 20° S.

Fig. 21. Profil der Deveroschiefer am Sonnenhorn.

Der Antigoriogneiss reicht, zuletzt als Schlieren und Augengneiss entwickelt, bis ungefähr 2550 m., dann beginnt die Deveroschieferdecke zunächst in Form von Glimmergneissen und Kalkglimmerschiefern.

Bei Punkt 2630 m., dem nordwestlichen Eckpfeiler der ganzen Gipfelgruppe, steht wiederum ein stark linear gestreckter Zweiglimmergneiss an, der 20° NE fällt. Die Deveroschiefer sind hier im Ostflügel mit einer staunenswerten Mannigfaltigkeit und verhältnismässig krystalliner entwickelt als ihre westlichen Äquivalente. Da der ganze Schichtkomplex mit ca. 20° nach SE einfällt, so kommen wir von Punkt 2630 m. dem Grate folgend geologisch in immer höhere Schichten (Fig. 21).

Der zweiglimmerige Streifengneiss, welcher die Hauptmasse des Sonnenhorns 2788 m. (Grenzgipfel) darstellt, streicht nun einen Grat bildend gegen SE ins Val di Campo hinunter, mannigfach untermischt mit Gesteinen von mehr glimmerschieferartigem Habitus.

Auf der rechten Thalseite des Val di Campo erscheint die Zone wieder, und man würde wohl an den rechtsseitigen Thalgehängen des grossen Kessels der Alp Cravairola die Fortsetzung der mannigfaltigen Glieder der Deveroschiefer auffinden, wie wir sie oben in der Gipfelgruppe der Corona di Groppo angetroffen haben.

Die Zusammenfassung der Detailbeobachtungen auf unserem Querschnitt durch das obere Val Antigorio zeigt zunächst in evidenter Weise die Uebereinstimmung der Lagerungsverhältnisse mit dem weiter südwestlich am Simplon und im untern Val Antigorio längst bekannten Gewölbebau der Antigoriogneissmasse, der in letzter Zeit wieder angezweifelt und nach der alten Gerlach'schen Auffassung als nach N überschobene Zunge betrachtet wird. Wir sehen, dass unser Querschnitt zu wenig tief reicht, um in dieser Streitfrage neue Aufschlüsse zu geben. Es umfasst das hier Sichtbare nur die obere Hälfte der bekannten vollständigen Schichtserie, und diese stellt sich im Querschnitt als ein regelmässig flaches Gewölbe dar. Dementsprechend finden wir auf beiden Seiten des Val Antigorio auf dem Gneiss die Deveroschieferdecke in Form von Kalkphylliten, Gneissen, Granatglimmerschiefern mit vereinzelten Einlagerungen von körnigem Kalk. Im Westflügel des Gewölbes tritt eine Komplikation ein, indem sich in die Deveroschiefer die Lebendungneissmasse einschiebt, welche infolge ihrer Härte und ihrer stellenweise ungeheuren Mächtigkeit sich im Vergleich zu den Deveroschiefern im Gebirgsstock der Cima Rossa und im Felsriegel des Tosafalles orographisch sehr bemerkbar macht.

VIII. Das Tessinermassiv.

Das grosse Gneissgebiet, welches sich von der östlichen Umrandung des Val Antigorio bis zum Val Centovalli erstreckt, lässt sich ganz gut unter diesem, bereits von Rolle [1]) gebrauchten Ausdruck zusammenfassen. Auf unserer Profillinie erreicht das Massiv eine Breite von ca. 20 km. Sowohl nach der Lagerung als nach dem Habitus der Gesteine können wir es in zwei Zonen scheiden, in eine nördliche, ausgezeichnet durch flach südfallende äusserst gleichförmige Gneisse und eine südliche mit steilerer Schieferung und ausserordentlicher Verschiedenheit der Gesteine, mit Einlagerungen von Amphiboliten und Glimmerschiefern. Die flache Lagerung des nördlichen Teils geht allmählig in die steilere der Südhälfte über.

Der nördliche Teil, die Zone des flachliegenden Gneisses (Rolle), bietet ein ganz besonderes orographisches Bild. Das Südfallen bewegt sich ungefähr zwischen 20 ° und 30 °; die Schieferung des Gesteines ist ausgezeichnet; wir erhalten so gegen N gerichtete Abstürze, wäh-

[1]) Fr. Rolle. Das südwestliche Graubündten und nordöstliche Tessin. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. 23.

rend die nach S liegenden Gehänge in ihrem Böschungswinkel sich dem Einfallen des Gesteins anschmiegen. Namentlich in den obern Partien, wo die Vegetation nur mehr spärlich ist und ungeheure Schutthalden die scharfen Gräte umsäumen, ist das landschaftliche Bild ganz von diesen gegen N gerichteten Spitzen beherrscht, während gegen S blanke Schichtflächen, wie sie schöner in den Kalkalpen nicht gefunden werden, die Gehänge bilden. Die abgelegenen, höchst selten von Touristen betretenen Gegenden[1]) des hintern Val di Campo, sowie der Hintergrund der beiden Onsernonethäler fallen in diese Zone.

Der Grat, welcher zugleich die italienisch-schweizerische Grenze bildend vom Sonnenhorn südöstlich hinabzieht ins Val di Campo, zeigt uns nicht die obersten Lagen der Deveroschiefer, sondern wir finden dieselben als muscovitreiche Gneisse und Gesteine vom Typus des Sonnenhorns an einer zweiten Rippe, die von der Cima die Quadrella 2670 m. hinunter geht gegen Cimalmotto und von der ersten durch ein Isoklinalthal getrennt ist. In unserer Profillinie liegen diese Schichten gerade im Thalgrund des Val di Campo, wo sie durch die Anschwemmungen der Rovana unsern Blicken entzogen sind.

Der sogenannte obere Gneiss beginnt in der Umgebung unserer Profillinie mit einer Amphibolitzone. Es sind dunkelgrüne bis schwarze Hornblendeschiefer mit Einlagerungen von Talk und Strahlstein. An einigen Stellen wird ein Lavezstein gebrochen, der das Material zu den Öfen im Dorfe Cimalmotto geliefert hat. Die Lokalitäten konnte ich leider nicht genau ausfindig machen. Daneben sind körnige, schwere Amphibolite von mehr massigem Habitus nicht selten, namentlich in dem grossen Bergsturzgebiet oberhalb Cimalmotto und Campo, wo die thalwärts fallenden Amphibolite die Rutschfläche für einen gewaltigen Bergsturz abgegeben haben.[2])

Wir finden diese Amphibolitzone auf der Profillinie an dem rechten Thalgehänge des Val di Campo wohl gegen 400 m. mächtig. Aus dem Thalgrunde mit 25° SE Fall aufsteigend zieht sie sich gegen SW an der südlichen Umrandung der Alpe di Cravairola allmählig in die Höhe und hängt wahrscheinlich mit den Amphiboliten zusammen, welche Gerlach auf Blatt XVIII Dufour beim Passo della Scatta (Passo della Fria der italienischen Generalstabskarte 1:50000) angegeben hat. Fast genau auf der Profillinie ist die Amphibolitzone und die Basis des

[1]) R. Zeller. Geologische Streifzüge in den Lepontischen und Tessiner Alpen. Jahrbuch des schweiz. Alpenklub. Bd. 29. (1893).

[2]) Die Wildbachverbauung in der Schweiz. II. Heft. p. 3 u. ff.

obern Gneisses aufgeschlossen in einem Tobel, das in steilen Abstürzen von der Cima Tremellina gegen Val di Campo hinabgeht. Leider ist es zum grössten Teil ungangbar, doch lässt sich beobachten, dass die Hornblendeschiefer mehrfach mit Glimmerschiefern und Granatglimmerschiefern abwechseln. Auf die Amphibolite folgt ein glimmerarmer, feinkörniger Gneiss, bald glimmerreichere Varietäten. auch ein stark gestreckter Biotitgneiss. Die obern Gehänge gegen Cima Tremellina sind ungangbar; der einförmig weissen Färbung nach zu schliessen ist alles höhere Gneiss. Das Einfallen der ganzen Schichtserie schwankt um 25 ° SE.

Von der Cima Tremellina 2365 m. folgt die Profillinie dem hier sehr scharf ausgeprägten schweizerisch-italienischen Grenzkamm bis zur Cima di Pian del Bozzo 2193 m. oberhalb Comologno im Val Onsernone. Die Fortsetzung des am Nordabhang der Cima Tremellina gewonnenen Profils muss in dem gegenüber Cimalmotto ausmündenden Seitenthal der Alp Sfille (Svila der Dufourkarte) zu finden sein. Bei den Hütten dieser Alp trifft man denn auch bei ca. 700 m. denselben gestreckten Biotitgneiss, dessen Trümmer wir in Menge in dem erwähnten Tobel am Nordabhang der Cima Tremellina beobachtet haben. Gleichfalls streichen, da und dort aus der Vegetation hervorragend, einige 38° SE fallende Bänke eines dunklen Glimmerschiefers von deveroschieferartigem Habitus. Dann folgt an den Abhängen des Pizzo di Porcarrecio und über diesen hinaus ein feinkörniger äusserst gleichmässiger Biotitgneiss.

Vom Passo del Lago Gelato 2401 m. gegen Süden ist der Grenzkamm, wenigstens auf der Schweizerseite, aber stellenweise auch auf der italienischen, die reine Mauer, überall ca. 150 m. hohe, senkrecht abstürzende Felswände, welche, weil sie in der Profillinie und der Fallrichtung verlaufen, das Einschiessen der Straten gegen S gut beobachten lassen. Die höchste Erhebung des Kammes ist der Monte Madone 2551 m. (Pizzo di Madaro auf Dufour XVIII). Das Gipfelgestein ist ein 34 ° SE fallender apatitführender Zweiglimmergneiss. Weiter gegen S wird die Lagerung etwas flacher (bis 24 °). Das Gestein ist immer derselbe feinkörnige Biotitgneiss mit zweiglimmerigen Einlagerungen wie am Monte Madone. Im Thalgrunde des Val Onsernone bei Bagni di Craveggia beträgt der Fallwinkel mit grosser Konstanz 16 °.

Die Gebirgskette, welche Val Onsernone von Val Centovalli und Vigezzo scheidet und welche in der Nähe der Grenze im Pizzo di Ruscada mit 2007 m. kulminiert, bietet wesentlich andere Verhältnisse

und sticht namentlich in der Mannigfaltigkeit der Gesteinstypen von der petrographischen Einförmigkeit des bisher betrachteten Gebietes ab. Ferner existieren hier auch etwelche Vorarbeiten. Rolle gibt ein Profil von Bagni di Craveggia über den Passo del Sassone nach Stadt Craveggia [1]). Man ersieht daraus die Zunahme der Neigung des Gneisses oberhalb Bagni di Craveggia, dann kommt eine doppelte Zone von Hornblendeschiefern, die Rolle zu einer Mulde verbindet. Der Muldenkern besteht aus Glimmerschiefer.

Ebenfalls von den Bagni di Craveggia ausgehend durchkreuzte ich die Kette mehr in SE-Richtung der Profillinie entlang und konnte auch hier die Richtigkeit des Rolle'schen Profils konstatieren und zugleich einige Detailbeobachtungen beibringen.

An einem Wege, der von den Bagni di Craveggia über Alpe Isornia und die Bochetta di San Antonio hinüber führt nach Stadt Craveggia, lassen sich die geologischen Verhältnisse des Nordabhanges der Kette gut studieren. Das Gestein bleibt zunächst im Anstieg nach Alpe Isornia derselbe feinkörnige Biotitgneiss, welcher jenseits im Norden die Hauptmasse des obern Gneisses darstellte. Gleich oberhalb der Bagni fällt der Gneiss bereits mit 17° nach SE, bald haben wir Fallwinkel von 21°, wenig weiter 24°. Da wo der Weg gerade unter Alpe Isornia das Bett eines kleinen Seitenbaches durchquert, treffen wir die ersten Einlagerungen in den 26° fallenden Gneissen in Form glimmerarmer weisser Partien, darauf herrscht wieder bis über Alpe Isornia hinaus der feinkörnige Onsernonegneiss. Oberhalb letztgenannter Alp bietet nun das Bachbett auf längere Strecke ein gut entblösstes Profil, das fast bis zum Thalabschluss reicht, wo es durch Gehängeschutt bedeckt wird. Es ist ein bunter Wechsel von Onsernonegneiss, glimmerarmen Muscovitgneiss, Zweiglimmergneiss. Genau die gleiche Mannigfaltigkeit zeigt die Fortsetzung dieses Profiles auf der rechten Thalseite an dem Rücken, der über Alpe Lanca zu Punkt 1909 m. hinaufreicht. Das Einfallen hat unterdessen auch zugenommen und beträgt bei Punkt 1909 m. bereits 55° S 10° E.

Das Profil des Grates, welcher von Punkt 1909 m. SSW hinüber zieht zu dem 1950 m. hohen Monte Zicchen, gibt Fig. 22.

Hier haben wir den ersten Amphibolitzug, welchen weiter westlich Rolle am Passo del Sassone beobachtet hat. Der mittlere Felszahn wird fast ganz aus äusserst massigen, hell- und dunkelgrünen

[1]) Fr. Rolle, Nordöstl. Tessin. Beiträge 23. Taf. II, Fig. 6. Text, pag. 45 ff.

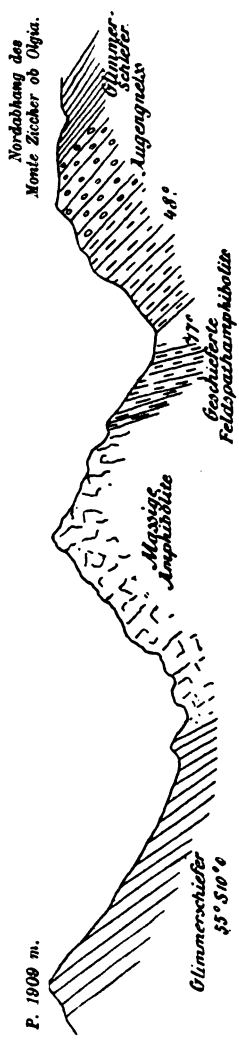


Fig. 22. Die Amphibolitzone zwischen Val Onsernone und V. Vigezzo.

Hornblendegesteinen gebildet. Im Dünnschliff erweist sich das hellgrüne Mineral als Olivin, man hat es also mit Amphibol-Pikriten (Peridotiten) zu thun. An der Südseite lagern sich mit 77° S 20° E Fall dunkelgrüne, feldspathaltige Hornblendeschiefer an. Das südlichste Glied bildet ein zweiglimmeriger Augengneiss. Das Profil wurde hier nicht weiter verfolgt, indem der östlich gegenüberliegende Parallelkamm der Cavallina, weil der Profillinie näher, für die weitere Untersuchung vorgezogen wurde.

In der Streichrichtung gegen Osten verschwindet der Amphibolitzug zunächst unter den Schutthalden und Weiden der Alp Orti, jenseits aber findet sich die Fortsetzung in dem Sattel bei Alp Robina; hier sind durch ein Seitentobel der Ribalasca die grünen Hornblendeschiefer entblösst, sonst sind die Aufschlüsse im Profil Fig. 22 besser. Von der eben erwähnten Einsattelung erhebt sich der südostwärts verlaufende Grat wieder zur bewaldeten Cavallina. Auf 55° S fallende Glimmerschliefer folgt jener Augengneiss des Monte Zicchер in Saigerstellung. Am Südabhange der Cavallina bis oberhalb Olgia fehlen Aufschlüsse. Eine Excursion von Olgia über die Alpen Caviano und China an die östlichen Abhänge der Cavallina gegen das Ribalascatobel bot das Fehlende. Hier ist die südliche Amphibolitzone in einem Bachbett schön aufgeschlossen. An Mächtigkeit der nördlichen weit nachstehend finden sich dioritähnliche Gesteine und Hornblendeschiefer in fast senkrechter Stellung. Gegen N, also den Muldenkern, folgen stark gefältelte sericitische Zweiglimmergneisse, sowie Gneisse eines Typus, den wir bei Olgia treffen werden.

Das Liegende der Amphibolite sind Glimmerschiefer und glimmerreiche Gneisse mit pegmatitartigen Einlagerungen. Zunächst den Amphiboliten, wie diese 76° SE fallend, richten sie sich allmählig auf, stehen bei Alpe China saiger und neigen sich gegen Alpe

Caviano zu wieder südwärts über. Von Alpe China bis Alpe Caviano ob Olgia herrschen Zweiglimmergneisse und Glimmerschiefer mit untergeordneten Einlagerungen von Hornblendeschiefern und weissen Bändern von Feldspat. Es ist nach dem Dünnschliff Orthoklas (seltener Plagioklas), Quarz, sowie etwas Sericit auf Spalten. Der Gneiss ist stellenweise sehr gut geschiefert und wird zu praktischen Zwecken in dünnen Platten gebrochen. Die untern Hänge des Val Centovalli oder Val Vigezzo, wie die italienische Fortsetzung des tessinischen Centovalli heisst, bestehen aus einer besondern Gneissvarietät *(Olgiatypus)*. Es ist ein prachtvoller Biotitgneiss, bestehend aus glasigem Quarz, weissem Feldspat und grossen schwarzen Flatschen feiner Biotitblättchen. Das Gefüge ist etwas flaserig, der Habitus an gewisse Antigoriogneisse erinnernd, der Muscovit ist aber nur accessorisch. Dieser Gneiss ist schön aufgeschlossen in den zahlreichen Seitenbächen, die von Norden her der Melezza zuströmen, namentlich auch beim Grenzbach Ribalasca, wo man, um die Grenze zu überschreiten, tief in das Tobel hinabsteigen muss. Die wilde Schlucht der Ribalasca würde überhaupt bis zu ihrem Ursprung an den Wänden des Pizzo di Ruscada die schönsten Aufschlüsse bieten, doch scheint sie ungangbar. Gegen Westen wurde der Olgiagneiss beobachtet bis gegen Rè, er findet sich anstehend ca. 70° S fallend in den Bachschluchten, welche die Dörfer Olgia, Dissimo und Folsogno von einander trennen, sowie lose und in zahlreichen Blöcken, die sich namentlich gegenüber dem anstehenden Gestein durch ihre Frische auszeichnen und ein prachtvolles Material für Bauzwecke darstellen.

Der Südabhang des Val Vigezzo besteht zunächst aus sanft ansteigendem Gelände, dessen Wiesen und Wälder freundlich hinüber leuchten in die Dörfer des Nordabhanges; plötzlich aber erheben sich weiter oben schwärzliche steile Felswände, es sind die massigen und sterilen Gesteine der folgenden Zone, während die untern sanften Gehänge dem Gneiss angehören. Diese Gneisse sind trefflich aufgeschlossen im Westen unseres Profiles an der grossen Strasse, welche von St. Maria Maggiore in Val Vigezzo durch Val Cannobina nach Cannobio am Lago Maggiore führt. Von Malesco ausgehend steigt man mit prächtigem Blick auf die häuserbesäten Nordhänge des Val Vigezzo durch Matten und Wald allmählig empor. Bald tritt da und dort ein stark gestreckter glimmerreicher Biotitgneiss hervor. Da, wo gegen Süden die Strasse in ein Thälchen einbiegt, wird das Profil

vollständiger und wir treffen von jenem Biotitgneiss ausgehend bis zum Piano del Sale folgendes:

1. Dunkelgraue Glimmerschiefer,
2. Chloritschiefer 81 ° NW fallend, die Strasse überschreitet den Bach; dann folgt
3. Feinkörniger, schiefriger Zweiglimmergneiss,
4. Welligschiefriger Sericitschiefer mit Einsprenglingen, ein gepresster Quarzporphyr (Microgranit), saiger stehend
5. Graugrüner, sehr feinkörniger Glimmerschiefer,
6. Derselbe Porphyr wie Nr. 4,
7. Hornblendeschiefer (Hornblende stark gebleicht).

Hier erleidet das Profil eine Unterbrechung durch die sumpfige Ebene Piano di Sale, jenseits stehen bereits die Amphibolite der nächsten Zone an.

Wie weit östlich sich die eben beschriebene Zone verfolgen lässt, ist unbestimmt; in der Profillinie und zwar im Bette des Rio dei confini ist von dieser Mannigfaltigkeit wenig mehr zu merken. Der unmittelbare Kontakt ist auch hier nicht aufgeschlossen, man ersieht nur, dass bei ca. 900 m. im Bachbett 52 ° N 20 ° W fallende Sericitschiefer mit Einlagerungen von Chloritschiefern anstehen. Diese Sericitschiefer herrschen bis fast hinunter zur Melezza, wo Zweiglimmergneisse sie vom jenseits anstehenden Olgiagneiss trennen. Auf der Profillinie ist also die Auflagerung der Glimmerschiefer auf die folgende Zone sehr deutlich, während im Profile der Heerstrasse die saigere Stellung vorherrscht.

Leiten wir kurz aus den beobachteten Thatsachen die allgemeinen Züge ab, so bietet uns das Tessinermassiv scheinbar einfache Verhältnisse dar, wie sie das Profil wiedergibt: Konkordante Auflagerung des Gneisses auf die Deveroschiefer mit Einschaltung einer Amphibolitzone; Flaches Einfallen (25 °) im Gebiet der beiden Onsernonethäler; allmählige Aufrichtung zwischen Onsernone und Centovalli mit einem Muldenzug von Amphiboliten, und endlich südlich Anlehnung an den Amphibolitzug von Ivrea. Wechselnder ist die Petrographie des Tessinermassives, obschon auch in der nördlichen Hälfte durch das fast ausschliessliche Auftreten des feinkörnigen Onsernonegneisses eine gewisse Einförmigkeit herrscht, die, verbunden mit der einfachen Lagerung, diesem Gneissgebiet einen charakteristischen, landschaftlichen Habitus verleiht. In der Südhälfte zwischen Val Onsernone und Centovalli (Vigezzo) ist der Wechsel der Gesteine sehr rasch und mannigfaltig,

im Olgiagneiss lernen wir eine für die Thäler Centovalli und Vigezzo charakteristische Abänderung von Biotitgneiss kennen. Eine südliche Grenzzone zeigt wieder eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit der krystallinen Schiefer, unter welchen auch gepresste Porphyre auftreten.

IX. Der Amphibolitzug von Ivrea.

Mit diesem Namen bezeichnet Diener [1]) eine Zone von Hornblendegesteinen verschiedenster Art, welche sich von Ivrea her durch die Thäler Adorno, Rio grande, Mastallone und Antigorio zum Lago maggiore hinzieht. Östlich von Locarno bis zum Profil der Gotthardbahn ist ihre Begrenzung noch nicht genau untersucht. Bei Bellinzona war sie schon B. Studer [2]) bekannt.

Der eigentümliche landschaftliche Charakter ist bereits von Gerlach [3]) in vorzüglicher Weise hervorgehoben worden; das schlackenartige Aussehen der massigen Amphibolite und Diorite sticht sehr ab von den durch die Schieferung beherrschten Oberflächenformen der begleitenden Gneissmassen.

Das Querprofil schneidet diesen Amphibolitzug im Gebiete der Val Cannobina; die Gebirgsgruppe des trotzigen Monte Limidario oder Ghiridone, 2189 m., bietet vereint mit dem tiefen Einschnitt des Torrente Cannobino interessante Aufschlüsse. Am bequemsten lässt sich ein Profil begehen auf der grossen Militärstrasse Santa Maria Maggiore-Cannobio, welche das Val Cannobina durchzieht, und längs welcher wir bereits die nördlich anliegenden Gneisse untersucht haben. Verfolgen wir jenes Profil weiter, so treffen wir nach der Unterbrechung der Schichtreihe durch den Piano di Sale auf grüne weissgesprenkelte Feldspatamphibolite, die im Handstück massig, am Anstehenden dennoch eine allerdings sehr undeutliche Parallelstruktur erkennen lassen, die senkrecht verläuft.

Unter dem Mikroskop erweisen sich diese Amphibolite als stark zersetzt, gleichsam serpentinisiert. Traverso [4]) gibt ein Profil der Felsen beim Piano di Sale; nach ihm wechseln Amphibolite mit Serpentin und Peridotiten. Das Gestein wechselt jeden Augenblick, aussen trägt alles die gleiche schwarze Verwitterungsrinde.

[1]) C. Diener, Gebirgsbau der Westalpen, p. 135.
[2]) B. Studer, Geologie der Schweiz, I. p. 302.
[3]) H. Gerlach, Penninische Alpen, p. 130.
[4]) Traverso, Geologia dell'Ossola, Tafel VI, Fig. 6.

Solche Amphibolite herrschen bis zum Dorfe Finero, das wohl von der schwarzen Felslandschaft, in der es liegt, seinen Namen erhalten haben mag. Unterhalb des Dorfes glaubt man an der Strasse ein Einfallen von 53° NW zu beobachten, doch ist der Aufschluss so gering, dass man nicht weiss, ob man es mit Anstehendem zu thun hat. Das Gestein ist hier grau, dicht, sehr schwer und zähe, mit grossen Biotitlamellen. Es ist, wie das Mikroskop lehrt, ein Hypersthenfels. Bei der Einmündung des Rio Creves in das Thalwasser stehen wiederum massige dichte Amphibolite an, deren Hornblende einen eigenen, noch näher zu untersuchenden Typus darstellt. Sie enthalten stellenweise sehr granatreiche Lagen. Der Monte Castello besteht ebenfalls aus Schritt für Schritt wechselnden, dichten, massigen Amphiboliten und mehr schiefrigen Feldspatamphiboliten, die manchmal fast in Syenit übergehen. Ein Spezialprofil der Amphibol- und Pyroxengesteine von Finero bis Orasso gibt Traverso.[1]) Das Einfallen ist steil NW. Südwestlich von Cursolo beginnt wieder der Gneiss, der Kontakt mit den Amphiboliten ist nicht aufgeschlossen, die Schieferung fällt 87° NW. Thalabwärts herrschen nur noch Gneisse und Glimmerschiefer, mit Ausnahme einer kleinen Einlagerung von Hornblendeschiefern unterhalb Spoccia.[2]) Im Profil der Landstrasse hat also die Amphibolitzone nur eine Breite von 2,5 km.

Ähnlich liegen die Verhältnisse weiter östlich. In einem Querprofil von Orasso (Val Cannobina) nach Dissimo (Val Vigezzo) finden wir bis weit oberhalb Orasso unfrische Zweiglimmergneisse. Ziemlich genau im Streichen der Amphibolitgrenze am Monte Castello treffen wir in der Höhe von ca. 1200 m. auf die Amphibolite. Zunächst sind Hornblendeschiefer eingelagert in Glimmergneisse mit 25° NW Fall. Das Einfallen wird rasch steiler und erreicht 60°. Eine ca. 1 m. mächtige Quarzbank zieht sich als gelbes Band am Abhang hinauf, dann folgt ein beständiger Wechsel von Amphiboliten und Zweiglimmergneiss, der da und dort vollsteckt von schlecht erhaltenen Granaten. Die Amphibolite entsprechen genau den Feldspatamphiboliten von Finero. Oft sind Gneiss und Amphibolit schlierenförmig in einander verknetet (Fig. 23). Die Neigung steigt auf 76°, es folgt der Kontakt gegen den eigentlichen Amphibolitzug. Der Gneiss ist hier in einer

[1]) Traverso, Geologia dell'Ossola, Tafel VIII, Fig. 4.

[2]) Eine andere Amphibolitlinse bei der Brücke von Falmenta notiert Traverso, Geolog. dell'Ossola, Karte.

4—6 m. mächtigen Zone ganz verwittert, darin stecken noch ganz frische Stücke. Nun kommen ebenfalls NW einfallend die Feldspatamphibolite, welche allmählig durch Zunahme an Feldspat in sehr gleichmässig körnige Diorite übergehen, die aber immer noch eine allerdings nur am Anstehenden hervortretende Parallelstruktur zeigen.

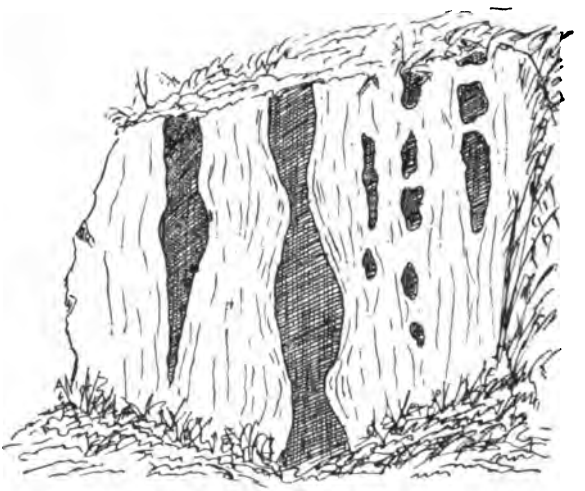


Fig. 23. Schlierenförmige Durchdringung von Gneiss (hell) und Amphibolit (dunkel) am Contakt ob Orasso.

Bis hinauf zur Alpe Torrigia herrscht nur dieser Diorit, dort aber wird er plötzlich unterbrochen durch eine ca. 200 m. breite Zone dunkler, dichter Pyroxengesteine, vom Typus derjenigen am Monte Castello im Cannobinaprofil. Sie bilden eine steil NW fallende Lagermasse. Gegen Osten keilen sie sich bald aus in den Dioriten der Roccie del Gridone, zu denen sich auch der oben beschriebene Dioritzug gesellt. Gegen Westen aber steigen sie zum Gipfel des Monte Torrigia, dessen Südabhang aus Diorit, Gipfel und Nordseite aus eben diesen Pyroxengesteinen besteht. Der Dioritzug der Roccie del Gridone erstreckt sich nicht mehr weit gegen Westen, sondern er keilt sich seinerseits auch aus, so dass nun die dichten Pyroxengesteine zusammenstossen mit einem zweiten Zug ähnlicher Gesteine, welche östlich von der Testa di Misello herüberstreichend die Diorite der Roccie del Gridone überlagern. Wir werden diese Amphibol-Pyroxengesteine bei Besprechung der Testa di Misello noch näher kennen lernen. Wie weit diese Amphibolite am Gehänge gegen Val Vigezzo hinabreichen, wurde auf dieser Linie nicht beobachtet, doch dürfte die Grenze gegen die Gneisse nach den weiter westlich und östlich beobachteten Verhältnissen bei ca. 900 m. liegen. Wir haben also, um kurz zu resümieren, in einem Querschnitt Orasso-Dissimo folgende Serie:

Gneiss des Val Cannobina
Wechsellagerung von Gneiss und Amphiboliten
Feldspatamphibolit
Diorit
Dichte Amphibolite und Pyroxengesteine
Diorit
Dichte Amphibolite und Pyroxengesteine
Gneiss des Val Vigezzo.

Merkwürdig in diesem Profil ist einmal die innige Wechsellagerung von Gneiss und Amphibolit und zweitens die zonare Zweiteilung des Amphibolitzuges selbst in Diorite-Feldspatamphibolite einerseits und dichte, massige Amphibol- und Pyroxengesteine andererseits, sowie endlich das gegenseitige Auskeilen der Zonen in einander in der Streichrichtung.

Auf der Karte von Traverso sind die Gesteine des Amphibolitzuges getrennt in Pyroxen-Amphibolgesteine (Diorit, Gabbro, Amphibolit) einerseits und Peridotite und Serpentine andererseits. Diese Zweiteilung entspricht mehr dem petrographischen als dem geologischen Verband. In ihrem zonenförmigen Auftreten, und damit im landschaftlichen Habitus, sind vielmehr die Diorite für sich allein, und die Feldspatamphibolite, Pyroxengesteine, Peridotite und Serpentine bilden eine zweite Gruppe. Wir haben es vorgezogen, diese aus dem geologischen Verband sich ergebende Einteilung beizubehalten, zumal auch die Peridotite und Serpentine an den Nordgehängen des Monte Gridone gegen Val Vigezzo lange nicht so ausschliesslich vorherrschen, wie die Karte von Traverso vermuten lässt. Die als massige Amphibolite bezeichneten Gesteine der Testa di Misello z. B. sind keineswegs Peridotite, sondern genau die gleichen Amphibol- und Pyroxengesteine wie sie bei Finero auftreten.

Dieselben Verhältnisse, zum Teil aber noch grossartiger, bietet der in unser Querprofil aufgenommene Kamm, welcher, der Landesgrenze folgend, von der Melezza zur Testa di Misello aufsteigt und über die Roccie del Gridone zum Kulminationspunkt der ganzen Gebirgsgruppe, dem Monte Limidario oder Ghiridone 2189 m. hinüberläuft und endlich über Monte Fajeron 1720 m. und Monte Giove 1296 m. steil gegen den Langensee abfällt.

Der unmittelbare Kontakt der Amphibolite und Sericitschiefer am Nordabhang der Testa di Misello ist nicht entblösst, er muss ungefähr bei 1000 m. liegen. Die ersten Glieder des Amphibolit-

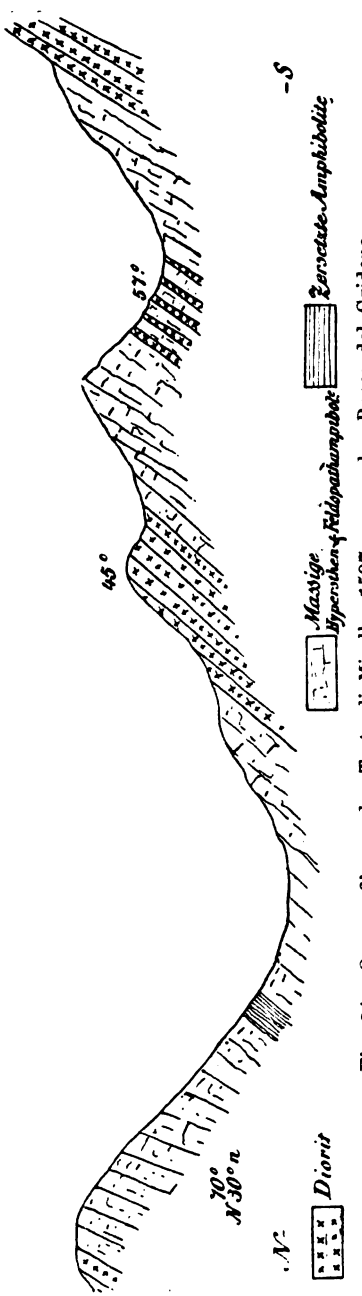


Fig. 24. Querprofil von der Testa di Misello, 1597 m., zu den Rocce del Gridone.

zuges sind grosse, steil N fallende Platten eines schwarzen, dichten, nicht sehr harten Gesteins, das nach mikroskopischer Untersuchung ein veränderter Amphibolit sein dürfte. Wald und Gestrüpp verdecken das Anstehende bis in die Nähe des runden Felskopfes Testa di Misello 1597 m. Von hier weg ist das Profil wieder vollständiger (Fig. 24).

Die massigen Amphibolite erhalten durch die Verwitterung eine intensiv gelbrote Rinde, wodurch sie auch landschaftlich sich stark von den mehr grauen Dioritlagen abheben. Auch hier haben wir endlich wieder veränderte Amphibolite in Form dichter dunkler, oft von grünen Bändern durchzogener Gesteine, deren mikroskopische feinfaserige Struktur an Asbest ähnliche Mineralien erinnert.

Die gewaltige Felsmauer der Roccie del Gridone besteht aus normalem Diorit, der untergeordnet Lagen von Hornblendeschiefern enthält, welche 72° N 30° W fallen. So wenigstens an Punkt 2154 m., der trotz seines furchtbaren Aussehens leicht zu ersteigen ist. Von der Bocchetta del Fornale bis zum Monte Ghiridone wechseln nun Diorit und Amphibolitschiefer beständig. Bei Punkt 2126 m. enthält der Diorit in grossen Massen krystallinisch ausgeschiedene Hornblende, es ist oft ein eigentlicher Amphibolpegmatit; in den Hornblendeschiefern sind Epidotbänder häufig,

welche der Schichtung parallel laufen. Am Monte Ghiridone oder Limidario 2189 m. hat die Amphibolitzone eigentlich ihre südliche Grenze erreicht, denn von da an treten die Hornblendegesteine nur mehr in Wechsellagerung mit krystallinen Schiefern auf. Der Gipfel des Ghiridone besteht aus einem graurötlichen Biotitgneiss, der mit 80° gegen N einfällt. Die Amphibolitzone im engern Sinne erreicht also in unserem Profil eine Breite von 3,5 km. Die Wechsellagerung erstreckt sich noch 2,5 km. weiter nach Süden, so dass der gesamte Amphibolitzug quer zum Streichen 6 km. misst.

Zwischen den höchsten Gipfel des Ghiridone 2189 m. und derjenigen Spitze, welche das grosse steinerne Signal trägt, tritt wieder Diorit auf, und die Signalspitze selbst besteht aus einem äusserst glimmerreichen Gneiss, bei dem Glimmer einerseits, Quarz und Feldspat andererseits abwechselnd dunkle und weisse Lagen bilden. Gegen Süden erscheint bald an Stelle dieses Glimmergneisses eine mehr feinkörnige, homogene Varietät. Ein Bild von der intensiven Wechsellagerung der Amphibolite mit den Gneissen am Grat vom Monte Limidario zum Monte Fajeron gibt Fig. 25, da dieselbe auf dem grossen Profil des kleinen Massstabes nicht genau wiedergegeben werden konnte. Zu bemerken ist, dass die Diorite, sowie die mit ihnen vergesellschafteten eigentümlichen Granite ganz massig sind und keine Parallelstruktur zeigen.

Das Einfallen ist bei Punkt 1917 m. 74° N 10° W, weiter unten gegen die Einsattelung 1632 m. nur 60°. Die Erhebung 1702 m. bildet das südlichste Glied der Amphibolitzone und zeigt folgendes Profil (Fig. 26).

Der Monte Fajeron besteht bereits aus dem 80° S einfallenden feinkörnigen Gneiss, welchen wir bereits kennen, und gehört der nächst zu betrachtenden Zone an.

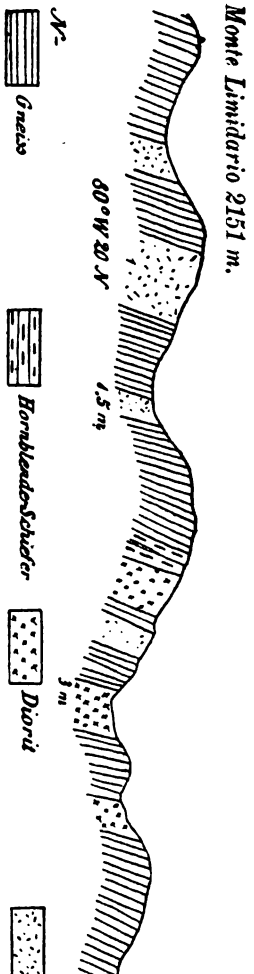


Fig. 25. Profil des Südgrates des Monte Limidario (Ghiridone) 2151 m.

Wie tief diese Wechsellagerung sich erstreckt, ist leider mangelnder Aufschlüsse wegen nicht anzugeben. An den Gräten ist die Schichtfolge prächtig entblösst, weiter unten sind die Gehänge mit Vegetation und Schutt überdeckt, und wo man Anstehendes trifft, so ist es Gneiss. Die tiefen Einschnitte, wie die Schlucht des Riale di Cavaglio, welche gewiss sehr grosse und entscheidende Aufschlüsse geben würden, sind leider ungangbar. An der Kunststrasse der Val Cannobina, wo das Anstehende fast überall zu Tage tritt, lässt sich ebenfalls nichts derartiges beobachten, und die kleinen Hornblendeschieferzonen gerade unterhalb Spoccia, sowie bei der Brücke von Falmenta (Traverso) können kaum mit jenen am Limidariograte in Verbindung gebracht werden

In Bezug auf die Lagerungsweise des ganzen Amphibolitzuges, sowie die darauf beruhende tektonische Auffassung sind die bisherigen Ansichten sehr geteilt. Gerlach [1]) behauptet, er werde beidseitig von Gneissen überlagert, sei also eine Antiklinale, Taramelli [2]) hat entlang der Südgrenze ein Einschiessen der Gneisse unter die Amphibolite beobachtet. Für das Gebiet des Val Cannobina lässt sich beides nachweisen, aber die Fallwinkel sind

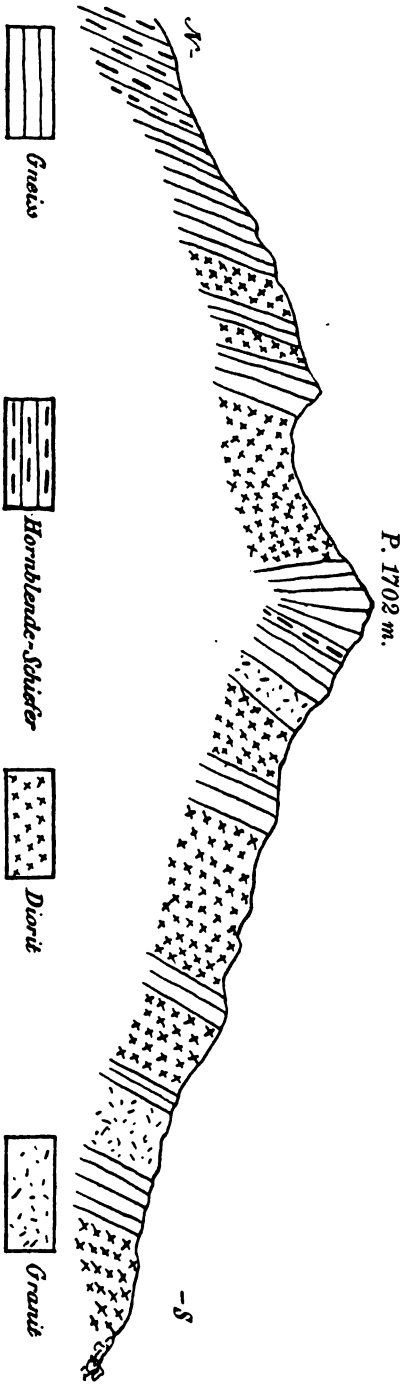


Fig. 26. Querprofil durch Punkt 1702 m. bei Monte Fajeron.

[1]) Gerlach, Penninische Alpen, pag. 135.

[2]) Taramelli, Note geol. sul bacino idrografico del fiume Ticino, pag. 263.

immer so nahe der Senkrechten, dass man kaum von Unter- oder Überlagerung sprechen darf. Endlich wäre noch die Auffassung von Diener [1]) zu citieren, der den Amphibolitzug als einen längs Verwerfungen zur Tiefe gesunkenen Graben erklärt.

Versuchen wir aus der Fülle der Thatsachen ein Gesamtbild zu erhalten, so ergibt sich ungefähr folgendes: Auf unserem Querschnitt stellt sich der Amphibolitzug von Ivrea dar als eine Zone steilgestellter Hornblende-, Pyroxen- und Olivingesteine von teils schiefriger, teils massiger Ausbildung. Erstere betrifft Hornblendeschiefer und in gewissem Grade auch Diorite, letztere massige Feldspatamphibolite, Hypersthenfelse, Peridotite und Serpentine, die zwischen den ersterwähnten steilstehende Lagermassen bilden. Ueberhaupt sind die Diorite von den massigen Amphiboliten ziemlich scharf getrennt, und die beiden Komplexe bilden eigene Zonen, die sich gegenseitig in einander auskeilen. Während endlich der Amphibolitzug gegen die nördlichen Tessinergneisse konkordant aber scharf abgegrenzt ist, so verwischt sich seine Südgrenze infolge einer intensiven Wechsellagerung mit krystallinen Schiefern (Gneissen) der Stronagneissmasse. Die Verteilung der Amphibolgesteine in Zonen, sowie die Wechsellagerung mit krystallinen Schiefern am Südrande lassen vermuten, dass der Amphibolitzug weder ein einfaches Gewölbe (Gerlach), noch ein Graben (Diener) sei, sondern dass er gewissermassen am ehesten eine Art Centralmassiv darstelle, dessen Material aber aus Hornblendegesteinen bestände. Die Zonen und ihre linsenförmige Anordnung erinnern sehr an die entsprechenden Lagerungsverhältnisse im Aarmassiv, und die Durchschwärmung der südlich angrenzenden Gneisse mit massigem Diorit und Granit fände sein Analogon in ähnlichen Erscheinungen am Südrand des Montblancmassives. Vorläufig ist man noch auf Hypothesen angewiesen, und es muss weitern Untersuchungen vorbehalten bleiben, eine befriedigende Lösung zu bringen.

X. Das Seegebirge.

Vom Sesiathale her wird der Amphibolitzug von Ivrea auf seiner Südseite zunächst von einer Gneisszone begleitet, welche, meist aus Sericitgneissen bestehend und oft mit Glimmerschiefern wechsellagernd, von Gerlach [2]) nach ihrem typischen Auftreten in Val Strona Strona-

[1]) Diener, Westalpen, pag. 134 und ff.

[2]) Gerlach, Penninische Alpen, pag. 120 und 101.

gneisse genannt worden sind. An diese Gneisszone schliessen sich südlich Glimmerschiefer an, deren Hauptentwicklung in die Umgebung des Ortasee's fällt und welche westlich des Lago maggiore durch die bekannten Granitstöcke von Baveno von den Stronagneissen getrennt sind, weiter östlich aber denselben einfach auflagern. In unserem Profil erscheinen die beiden Gesteinszonen so eng mit einander verschmolzen und auch tektonisch so übereinstimmend, dass man sie gut zusammen behandeln kann, wie sie denn auch bereits von Studer unter dem Namen Seegebirge zu einer tektonischen Einheit zusammengefasst worden sind.

Wie beim Amphibolitzug erhalten wir auch für diese Zone ein ziemlich vollständiges Profil an der Kunststrasse, die stets dem tiefen Cañon des Torrente Cannobino folgend, die landschaftlich hervorragende Valle Cannobina durchzieht. Von Finero herkommend treffen wir, wie bereits bemerkt, jenseits des Monte Castello bald einen dunklen Sericitgneiss. Soweit die Aufschlüsse zeigen, reicht derselbe mit 87° NW Fall bis unterhalb der Einmündung des Rio di Orasso. Es folgt die mehrfach erwähnte Einlagerung von Hornblendeschiefern und darauf Zweiglimmergneisse, die sich ausgezeichnet spalten und bei Punte di Spoccia in zolldicken Platten gebrochen werden. Diese Platten fallen 80° SE. Man hätte also hier eine Antiklinale, wenn man überhaupt so geringen Schwankungen um die Senkrechte so weitgehende tektonische Bedeutung beimessen darf. Unterhalb Lunecco ist die Hauptgesteinsart ein ziemlich massiger Biotitgneiss mit vielen Lagergängen von Pegmatit und Eurit. Oberhalb der Brücke zwischen Lunecco und Socragio ist aber das Gesteiu schon wieder ein sehr feiner saigerstehender Glimmerschiefer. Bald tritt wieder SE-Fallen ein. Bis hinab nach Traffiume herrschen Glimmerschiefer in verschiedenen Varietäten. Das Einfallen geht bis auf 58° SE (gegenüber Cavaglio), bei der grossen Strassenkehre, oberhalb Traffiume geht es nach NW über 73°. Zwischen Traffiume und Cannobio aber fallen die wellig gefältelten Glimmerschiefer bereits wieder 78° nach SE. Berücksichtigen wir nur die Schichtstellung, so hätten wir drei Antiklinalen abwechselnd mit zwei Synklinalen.

Etwas anders sind die Verhältnisse am Profilgrat. Die feinkörnigen Zweiglimmergneisse des Monte Fajeron haben wir bereits erwähnt. Die Schichtstellung wechselt gegen Süd, das SE Fallen (80°) geht in N Fallen über (80° bei Alpe Sercio). Zugleich wechsellagert der Zweiglimmergneiss mit Glimmerschiefer. Die runde Kuppe des Monte

Giove ob Cannobio 1296 m. besteht bereits aus derselben Art von Glimmerschiefer, die wir unten im Thal bei den grossen Strassenkehren oberhalb Traffiume antreffen. Den Wechsel im Schichtfall vom Monte Giove bis hinunter ins Thal zeigt das Profil; zu erwähnen sind nur am Nordabhang des Berges die im Glimmerschiefer auftretenden hornblendeführenden Pegmatitgänge.

Dem Monte Giove gegenüber auf der rechten Seite des Val Cannobina erhebt sich als der andere Eckpfeiler des Thaleingangs der Monte Carza bis auf 1117 m. Seine Abhänge sind zwar meist bewaldet, und nur da und dort tritt das Gestein hervor; aber auch hier hat die Kunststrasse, welche dem See entlang von Cannobio nach Cannero führt, einen stellenweise ununterbrochenen Aufschluss geschaffen. Kaum hat man Cannobio verlassen, so ist die Strasse in Felsen eingeschnitten, und zwar zunächst in 80° NW fallende dunkle Glimmerschiefer, welche zu Bauzwecken gebrochen werden. Jenseits des Vorsprunges Punta d'amore gegen Punta Creda hin herrscht feinkörniger rötlicher Biotitgneiss, der bald in ähnlich aussehenden Glimmerschiefer übergeht (76° SE). Auch hier entfernen sich die Einfallswinkel nie weit von der Vertikalen. Hinter Villa Badia kommt wieder der ersterwähnte Biotitgneiss 83° NW fallend. Es folgen nun mehr dunkelgrüne, feinkörnige, sericitische Glimmerschiefer, dann solche, die durch den Muscovit ein hellglänzendes Aussehen erhalten; endlich treten da, wo das Gebirge am weitesten in den See hinaus ragt, Biotitgneisse von grobkörniger flasriger Struktur auf, die entweder sehr viel oder nur mässig schwarzen Glimmer enthalten und sehr an die schönen Biotitgneisse des Val Vigezzo (Olgiatypus) erinnern. In der Nähe der Villa Mantegazza stehen sie saiger, und weiter gegen Cannero hin schiessen sie mit 70° gegen NW ein.

Wir treffen also südlich des Amphibolitzuges von Ivrea auf einen letzten breiten Zug krystalliner Gesteine, den wir nach dem Vorgange Studers das Seegebirge nennen. Verschiedenartige Gneisse und Glimmerschiefer in steiler Massivstellung setzen es zusammen. Der stete Wechsel im Schichtfall lässt darauf schliessen, dass wir es hier mit einem System eng aneinander gepresster Falten zu thun haben. Immerhin zeigt sich eine gewisse Verteilung der Gesteine, indem zunächst des Amphibolitzuges Zweiglimmergneisse vorherrschen (Stronagneissmasse), während im untern Teil des Val Cannobina vorzugsweise Glimmerschiefer von verschiedenem Typus sich finden (Glimmerschiefer von Orta). Doch ist der Uebergang ein so allmähliger, und finden sich

Glimmerschiefer in der Gneisszone und umgekehrt, dass eine getrennte Behandlung, in unserem Profil wenigstens, nicht geboten erschien. Den südlichen Teil des Seegebirges endlich werden wir am linken Ufer des Lago maggiore im sog. Luganer Eruptivgebiet antreffen.

XI. Das Luganer Eruptivgebiet und die südliche Randzone.

Aus diesem Gebiete sind nur Einzelheiten nachzutragen, indem sowohl die stratigraphischen, wie die tektonischen Verhältnisse durch die Aufnahmen von Taramelli[1]) und die neuern Arbeiten von Harada,[2]) Steinmann und Schmidt[3]) klargelegt worden sind. Das Profil stützt sich denn auch auf die von diesen Forschern gegebenen Querschnitte, und es musste die Gegend nur begangen werden, um die Verhältnisse in der Nähe der Projektionsebene festzulegen.

Die Verwerfung von Voldomino ist prachtvoll aufgeschlossen im Thälchen eines kleinen Baches, der beim Kirchhof von Voldomino und der Häusergruppe Baggiolina[4]) in das Thal der Margorabbia hinaustritt. Es ist wahrscheinlich die bereits von Taramelli[5]) erwähnte Lokalität. Vom Eingang des Thälchens bis weit hinein sind da und dort unter der Vegetation die steil südfallenden Glimmerschiefer entblösst. Da, wo der Bach sich gegen Süden wendet und eine kleine Matte eine Art Thalboden bildet, kommen, schön aufgeschlossen, stark verwitterte rote und grüne Tuffe, daran anschliessend, wenige Meter mächtig, Porphyr und Verrucano. Der darauffolgende Muschelkalk schliesst das Thälchen ab, nur der Bach hat sich eine tiefe Rinne hineingefressen, die durch ihre hohen Wasserfälle zwar äusserst malerisch aber ungangbar ist. Es lässt sich jedoch diese ebenfalls steilgestellte Muschelkalkscholle rechts auf Fusspfaden umgehen, und man kommt auf diese Weise am Südrand der Scholle an die Verwerfung, die auf der linken Bachseite undeutlich aufgeschlossen ist. Die Glimmerschiefer fallen 70° SW, an der Verwerfung sind sie ganz zerdrückt und zu Grus zerrieben. Fig. 27 gibt ein schematisches Profil.

---

[1]) T. Taramelli. Il cantone Ticino meridionale etc., Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, Lief. 17.

[2]) Toyokitsi Harada: Das Luganer Eruptivgebiet.

[3]) Schmidt und Steinmann, Geologische Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano.

[4]) Blatt Gavirate der italien. Generalstabskarte. 1 : 25,000.

[5]) T. Taramelli, Ticino meridionale, pag. 122 u. ff.

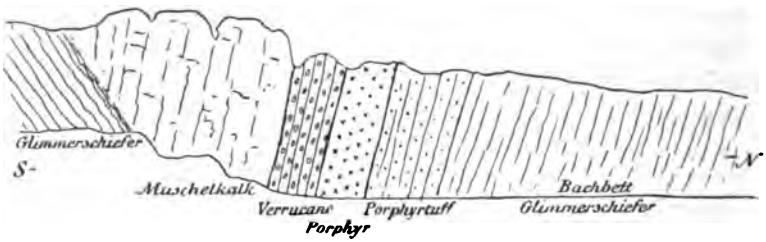


Fig. 27. Schematisches Querprofil der Verwerfung von Voldomino.

Von hier weg südlich über Montegrino bis Castendallo und Grantola herrschen die Glimmerschiefer mit konstantem, sehr steilem SE-Fall. Der Übergang in das NW-Fallen an der Verwerfung von Voldomino wurde nicht direkt beobachtet.

Sehr typisch und der Erwähnung wert ist die Rundhöckerlandschaft an den nördlichen und nordwestlichen Abhängen des Monte Sette Termini. Die äusserst spärliche Vegetation und das kleine Knieholz lassen diese Abhänge ganz steil erscheinen, im Gegensatz zu dem fruchtbaren Gelände im Bereich der umliegenden Dörfer.

Die grosse Verwerfung Bedero-Brusinpiano ist wegen der Bedeckung mit Erraticum an den Gehängen des Monte Marzio in der Nähe der Profillinie nicht zu beobachten. Sie wurde nach Massgabe der Verhältnisse am benachbarten Monte di Sera, sowie der Profile von Taramelli in unsern Querschnitt eingetragen.

Eine Erörterung verlangen noch die krystallinen Schiefer von Boarezzo und ihre Umgebung. C. Schmidt lässt sie in seinem Profil[1]) von Porphyrit umschlossen sein, auf welchen erst beiderseits der Quarzporphyr folgt. Ersterer ist aber nicht zu beobachten, im Gegenteil befindet sich nördlich ganz in der Nähe des 55° SE fallenden Glimmerschiefers ein grosser Steinbruch in typischem, rotem, drusigem Valganagranit. Und auch südlich scheint das stark zersetzte Nebengestein des Glimmerschiefers eher ein roter Granit als der braune Porphyr zu sein, welcher weiter südlich des Dorfes die Thalgehänge bildet. Es wurde deshalb an dieser Stelle die den faktischen Verhältnissen besser entsprechende Darstellung Harada's[2]) dem Profil zu Grunde gelegt.

Noch einige Worte über das südliche Alpenvorland, soweit es durch unser Profil berührt wird. Bei Arcisate beugen die meso-

[1]) C. Schmidt, loc. cit. Prof. II.

[2]) Harada, loc. cit. Taf. II.

zoischen Sedimente zur Tiefe; das oberste Sichtbare ist obere Trias, die Jura- und Kreidebildungen, welche wenige Kilometer weiter westlich bei Induno aufgeschlossen sind, liegen hier bereits unter der diluvialen Decke. Erst weiter östlich treten sie wieder hervor. Tiefere Thaleinschnitte gibt es auf unserer Profillinie erst weiter im Süden. Das Thal der Lanza, welches bei Cazzone ca. 50 m. tief eingeschnitten ist, zeigt folgendes Profil. (Fig. 28).

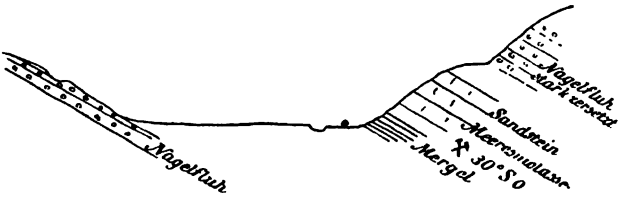


Fig. 28. Profil der Molasse im Lanzathal bei Molino del Trotto.

Dies sind die einzigen in der Profillinie zu Tage tretenden ältern Sedimente, südlich des Lanzathals gegen Binago liegt Erraticum, und ebenso nördlich gegen Arcisate. Doch unterblieb eine nähere Verfolgung der Moränenwälle, welche zu viel Zeit beansprucht hätte.

Unter dem Luganer Eruptivgebiet verstehen wir also diejenigen Gegenden zwischen Luganer- und Langensee, welche durch das Auftreten altvulkanischer Gesteine charakterisiert sind; Gegenden, die sonst teils dem Seegebirge, teils der südlichen Randzone zuzuzählen wären. Wir erkennen auf dem Profil die Decken der verschiedenalterigen und verschiedenartigen Eruptivgesteine, die nachträglich entstandenen Verwerfungsspalten, sowie das Untertauchen der südlichen Randzone unter die lombardische Tiefebene als die tektonischen Aeusserungen des Absinkens der norditalienischen Tiefebene.

XII. Schlusswort.

Indem wir auf die Einzeldarstellung der verschiedenen Zonen verweisen, erübrigt uns noch, das Verhältnis derselben untereinander zu erörtern und einige Bemerkungen allgemeiner Natur anzuschliessen.

Sehr deutlich springt der Kettengebirgscharakter der Alpen in die Augen, ebenso die Dreiteilung in eine nördliche Randzone, eine krystallinische Mittelzone und eine südliche Randzone. Wir erkennen die rudimentäre Ausbildung der südlichen Randzone im Vergleich zur nördlichen, was seinen Grund zum Teil darin hat, dass die über der Trias liegenden Sedimente erodiert und jetzt unter den Alluvionen der

lombardischen Tiefebene versteckt sind. Das Absinken zu der letzt
erfolgt teils durch Abbeugen der Sedimentdecke zur Tiefe,
entlang Verwerfungsspalten wie am Monte Marzio. Überhaupt s
wir die Gebirgsbildung am Südrand der Alpen mehr durch
werfungen, am Nordrand mehr durch Falten sich auslösen.

Noch unvollständig sind unsere Kenntnisse bezüglich der
lichen Hälfte der krystallinen Mittelzone vom Langensee bis ins Rhone
Die Natur der Gesteine und ihre Lagerung sind bekannt, aber über
Alter grosser Schichtkomplexe und ihre normale Stellung im Schich
band sind wir noch im Unklaren, und die Versuche, in diesen Gege
den Faltenwurf klarzulegen, entbehren noch vollständig jener Si
heit, mit welcher auf der Nordseite der Alpen der Aufbau und
tektonische Bedeutung einzelner Gebirgsglieder festgestellt wo
ist. Wir erkennen im Seegebirge eine alte Centralmasse,
beim Amphibolitzug von Ivrea suchen wir vergebens nach einer
friedigenden Erklärung, und das Tessinermassiv bietet noch m
ungelöstes Rätsel. Im Gebiete des Val Antigorio ist man neuerd
zu den alten Ansichten Gerlachs zurückgekehrt und hat versucht,
Theorie der Überschiebung des Antigoriogneisses eine feste Grund
zu geben, aber hier bereitet der Anschluss nach Süd wie nach N
auf unserer Profillinie wenigstens, Schwierigkeiten. Die einan
gegenüberstehenden Ansichten über die geologische Struktur
Glanzschieferzone rufen nach weiteren Untersuchungen, unser P
schliesst sich sehr bestimmt der Auffassung als Grabenversenkung
Die westliche Fortsetzung des Gotthardmassives weicht in der Pr
linie sehr von den Verhältnissen des Mittelstückes ab, indem nur
eine Hälfte des Fächers entwickelt oder der Fächer ganz einseitig
worden ist.

Erst im Aarmassiv gelangen wir zu einem Gebirgsgliede, des
Erklärung in den Hauptzügen auf etwas festerer Grundlage beruht
das sich uns darstellt als ein durch Seitendruck aus Süden entstande
System nördlich übergelegter Massen. Dasselbe Ergebnis liefert
Studium der nördlichen Kalkalpen. Sie spiegeln sehr schön in
Abnahme der Faltung vom Aarmassiv durch die Jura- und Kreideke
in die Molasse die Abnahme der Intensität des Druckes von Süd n
Nord wieder, bis endlich die alpine Bewegung in den schwachen We
der Molasse ganz ausklingt.

ende.

Perm

Verrucano

Zwischenbildungen (Verrucano bis Dogger)
Am Nordrand des Aarmassivs

Jüngere metamorphe krystallin. Schiefer
mesozoisch bis cambrisch

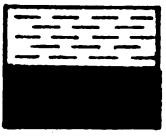
Marmor

Zoisitphyllite

Kalkglimmerschiefer

Granatglimmerschiefer

Zweiglimmergneisse & Glimmerschiefer



Sericitgneisse & Schiefer

Hornblendeschiefer

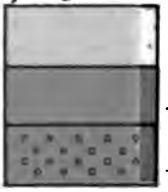
Aeltere krystallin. Schiefer

Gneiss & Glimmerschiefer

Augengneiss (zweiglimmerig)

Antigoriogneiss

Tiefengesteine



Centrale Granitgneisszone (Protogin etc.)

Dichte, massige Amphibolite Pyroxengesteine
Peridotite & Serpentine.

Diorit

Gang- & Ergussgesteine

Porphyrtuff

Quarzporphyr

Porphyrit

Autog. J. Chappuis, Lausanne.

Literatur.

1851. **B. Studer,** Geologie der Schweiz.
1863. **F. Lang,** Geologische Skizze der Umgebung von Solothurn.
1872. **F. J. Kaufmann,** Gebiete der Kantone Bern, Luzern, Schwyz und Zug, enthalten auf Blatt VIII, Lieferung XI, der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz.
F. Giordano, Esame geologico della catena alpina del San Gottardo. Mem. d. R. Comit. geol. II. Firenze.
C. Mœsch, Der Jura in den Alpen der Ostschweiz.
B. Studer, Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen.
1873. **K. v. Fritsch,** Das Gotthardgebirge, mit 1 geologischen Karte und 4 Tafeln. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. XV.
1876. **C. Mœsch,** Reisebericht über meine diesjährigen geologischen Beobachtungen. Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Basel.
1878. **A. Heim.** Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällengruppe.
1880. **A. Baltzer,** Der mechanische Kontakt von Gneiss und Kalk im Berner Oberlande. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XX.
F. M. Stapf, Geologisches Profil des St. Gotthard in der Axe des grossen Tunnels, während des Baues (1873—1880) aufgenommen.
T. Taramelli, Il cantone Ticino meridionale ed i paesi finitimi. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XVII.
1881. **Fr. Rolle,** Das südwestliche Graubünden und das nordöstliche Tessin, enthalten auf Blatt XIX. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXIII.
1882. **Th. Studer,** Geologische Beobachtungen im Gebiete des Schwarzhornmassivs. Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern.
1883. **H. Gerlach,** Die Penninischen Alpen. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXVII.
T. Harada, Das Luganer Eruptivgebiet. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beilageband II.
1885. **T. Taramelli,** Note geologiche sul bacino idrografico del Fiume Ticino. Boll. d. soc. geol. ital. Vol. IV.
1886. **F. J. Kaufmann,** Die Emmen- und Schlierengegenden nebst Umgebungen bis zur Brünigstrasse und der Linie Lungern-Grafenort. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXIV. 1.
1888. **A. Baltzer,** Das Aarmassiv (mittlerer Teil) nebst einem Abschnitt des Gotthardmassives, enthalten auf Blatt XIII. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXIV. 4.

U. Grubenmann, Über die Gesteine der sedimentären Mulde von Airolo. Mitteilungen der thurgauischen naturforschenden Gesellschaft. Heft VIII.

Marguerie und **Heim,** Die Dislokationen der Erdrinde.

1889. **C. Schmidt,** Zur Geologie der Schweizer Alpen.

1890. **T. G. Bonney.** On the crystalline schists and their relation to the mesozoic rocks in the Lepontine Alps. Quart. Journ. of geol. soc. p. 187—236. (1890).

U. Grubenmann, Zur Kenntnis der Gotthardgranite. Verhandlungen der thurgauischen naturforschenden Gesellschaft. Heft IX.

Schmidt und **Steinmann,** Geologische Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano. Eclog. geol. helvet. Vol II. Nr. 1.

1891. **A. Heim,** Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXV.

C. Schmidt, Beiträge zur Kenntnis der im Gebiete von Blatt XIV auftretenden Gesteine. Anhang zu vorigem.

1892. **Die Wildbachverbauung der Schweiz.** Herausgegeben im Auftrag des eidgenössischen Departements des Innern vom Oberbauinspektorat. Heft II.

1893. **C. Burkhardt,** die Kontaktzone von Kreide und Tertiär am Nordrande der Schweizeralpen vom Bodensee bis zum Thunersee. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXXII.

E. v. Fellenberg und **C. Mœsch,** Geologische Beschreibung desjenigen Teiles von Blatt XVIII, welcher zwischen dessen Nordrand und der Rhone liegt. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXI.

H. Schardt. Gneiss d'Antigorio. Arch. d. scienc. phys. et nat. Tom. XXX.

1894. **Livret-guide géologique suisse.**

C. Mœsch, Die Kalk- und Schiefergebirge zwischen Reuss- und Kienthal. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung XXIV. 3.

A. Rothpletz, Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen.

1895. **Traverso Stefano,** Geologia dell' Ossola. Genova. 1895.

Karten.

Geologische Karte der Schweiz. 1:100000. Blätter 7, 8, 13, 18, 19, 23, 24.

Studer und **Escher.** Geologische Karte der Schweiz. II. Auflage.

1873. **K. v. Fritsch,** Geognost. Karte des St. Gotthard. 1:50,000.

1883. **T. Harada.** Karte des Luganer Eruptivgebietes. N. J. f. M. B. B. II.

1885. **F. M. Stapf,** Geologische Übersichtskarte der Gotthardbahnstrecke. 1:20,000

1891. **E. Kissling,** Karte der inneren Moränen des diluvialen Rhonegletschers. Manuskript.

1894. **A. Heim** und **C. Schmidt,** Geologische Karte der Schweiz. 1:500,000.

C. Wagner.

Eingereicht den 12. Juni 1895.

Über die Darstellung einiger bestimmten Integrale durch Bessel'sche Funktionen.

Bei meinen Untersuchungen über die Bessel'schen Funktionen I. Art mit vielfachem Argumente — es handelt sich darum, die Funktionen mit vielfachem Argumente durch ebensolche Funktionen mit einfachem Argumente möglichst elegant darzustellen — stiess ich auf verschiedene bestimmte Integrale von der Form

$$\int_0^\pi \cos^2(x \sin\varphi)\, d\varphi, \quad \int_0^\pi \cos^3(x \sin\varphi)\, d\varphi, \quad \ldots \quad \int_0^\pi \cos^n(x \sin\varphi)\, d\varphi,$$

welche sich leicht durch Bessel'sche Funktionen erster Art mit gleichem Index, in unserem Falle Null, und vielfachem Grundargumente, in unserem Falle x, ausdrücken lassen. Ich glaube, dass diese Entwicklungen einigen Wert besitzen, zumal ich in der diesbezüglichen Litteratur — soweit sie mir zugänglich war — keine derartigen ähnlichen Beziehungen zu finden vermochte. Andererseits zeigt aber diese Darstellung eine ganz eigentümliche Ähnlichkeit mit Entwicklungen der gewöhnlichen Cosinus-Funktion, so dass auch hieraus, wie ich glaube, gefolgert werden darf, dass die Bessel'schen Funktionen in der höheren Analysis eine weit wichtigere Rolle zu spielen berufen sind, als es im ersten Augenblicke den Anschein hat. Sie vertreten in gewissem Sinne die Cosinus-Funktion in der höheren Analysis. Ich werde am Schlusse vorliegender Arbeit hierauf zurückkommen.

Die Bessel'sche Funktion erster Art für den Index Null und das Argument x sei gegeben in der einfachen Form

$$\overset{0}{J}(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(x \sin\varphi)\, d\varphi.$$

Für das Argument $x + y$ wird:

$$\overset{0}{J}(x+y) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos([x+y]\sin\varphi)\, d\varphi$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \Big\{\cos(x\sin\varphi)\cos(y\sin\varphi) -$$

$$- \sin(x\sin\varphi)\sin(y\sin\varphi)\Big\}\, d\varphi$$

oder für $x = y$

$$\overset{0}{J}(2x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \Big\{\cos^2(x\sin\varphi) - \sin^2(x\sin\varphi)\Big\}\, d\varphi.$$

Ersetzt man hierin die Sinusfunktion in bekannter Weise durch die Cosinusfunktion, so entsteht

$$\overset{0}{J}(2x) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} \cos^2(x\sin\varphi)\, d\varphi - 1$$

oder

$$1) \qquad \int_0^{\pi} \cos^2(x\sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{2}\Big\{\overset{0}{J}(2x) + \overset{0}{J}(0)\Big\}$$

weil ist:

$$\overset{0}{J}(0) = 1.$$

In ganz ähnlicher Weise kann man $\overset{0}{J}(3x)$ berechnen, wobei das Integral

$$\int_0^{\pi} \cos^3(x\sin\varphi)\, d\varphi$$

auftritt, welches in folgender Form durch Bessel'sche Funktionen ausgedrückt ist:

$$2) \qquad \int_0^{\pi} \cos^3(x\sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{4}\Big\{\overset{0}{J}(3x) + 3\,\overset{0}{J}(x)\Big\}.$$

In gleicher Weise fortfahrend erhält man

$$3) \qquad \int_0^{\pi} \cos^4(x \sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{8}\left\{\overset{0}{J}(4x) + 4\overset{0}{J}(2x) + 3\overset{0}{J}(0)\right\}$$

u. s. f.

Für die allgemeine Formel hat man zwei Fälle zu unterscheiden:

I) n = einer ungeraden Zahl, 1, 3, 5 ... 2m + 1.

$$A: \int_0^{\pi} \cos^n(x \sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{2^{n-1}}\left\{\overset{0}{J}(nx) + \binom{n}{1}\overset{0}{J}((n-2)x) + \binom{n}{2}\overset{0}{J}((n-4)x) + \cdots\right\},$$

welche Reihe so weit fortzusetzen ist, bis das Argument x auftritt, z. B.:

$$\int_0^{\pi} \cos^9(x \sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{256}\left\{\overset{0}{J}(9x) + 9\overset{0}{J}(7x) + 36\overset{0}{J}(5x) + 84\overset{0}{J}(3x) + 126\overset{0}{J}(x)\right\}.$$

II) n = einer geraden Zahl, 0, 2, 4 ... 2m.

$$B: \int_0^{\pi} \cos^n(x \sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{2^{n-1}}\left\{\frac{1}{2}\binom{n}{\frac{n}{2}}\overset{0}{J}(0) + \binom{n}{\frac{n}{2}-1}\overset{0}{J}(2x) + \binom{n}{\frac{n}{2}-2}\overset{0}{J}(4x) + \cdots\right\},$$

welche Reihe so weit fortzusetzen ist, bis das Argument nx auftritt, z. B.

$$\int_0^{\pi} \cos^6(x \sin\varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{32}\left\{10\overset{0}{J}(0) + 15\overset{0}{J}(2x) + 6\overset{0}{J}(4x) + \overset{0}{J}(6x)\right\},$$

wobei zu bemerken ist, dass man hat

$$\binom{n}{0} = \binom{n}{n}$$

nach der bekannten Formel:

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}.$$

Beide Formeln A und B lassen sich unter gewissen Voraussetzungen in eine einzige zusammenfassen, worüber ich in einer besonderen Arbeit mitteilen werde.

Diese Formeln erscheinen mir deshalb bemerkenswert, weil man mit ihrer Hülfe, wenn man die Funktionen mit mehrfachem Argumente durch solche mit einfachem Argumente ausdrückt, zu einer verhältnismässig einfachen Darstellung fraglicher Integrale gelangen kann. Mit den diesbezüglichen Untersuchungen bin ich gegenwärtig beschäftigt. Es handelt sich hierbei hauptsächlich darum, zu untersuchen, ob das Integral

$$\int_0^{\pi} \cos^2 (x \sin \varphi)\, d\varphi$$

nicht vielleicht als J-Funktion dargestellt werden kann, oder, mit anderen Worten, ob die in folgender Gleichung

$$\int_0^{\pi} \cos^2 (x \sin \varphi)\, d\varphi = A \cdot \left[\int_0^{\pi} \cos (x \sin \varphi)\, d\varphi\right]^2 = A \cdot [\pi \cdot \overset{0}{J}(x)]^2$$

vorkommende, noch unbekannte Grösse A in irgend einer Weise als J-Funktion anzusehen ist, d. h. als Produkt oder Quotient von J-Funktionen mit einfachem Argumente betrachtet werden kann.

Für den Spezialfall

$$x = 1$$

entsteht unter sonst gleichen Bedingungen aus Gleichung A die Gleichung:

$$\int_0^{\pi} \cos^n (\sin \varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{2^{n-1}} \left\{ \overset{0}{J}(n) + \binom{n}{1} \overset{0}{J}(n-2) + \binom{n}{2} \overset{0}{J}(n-4) + \cdots \right\}$$

fortgesetzt, bis das Argument 1 auftritt, und aus Gleichung B die Relation:

$$\int_0^{\pi} \cos^n (\sin \varphi)\, d\varphi = \frac{\pi}{2^{n-1}} \left\{ \frac{1}{2} \binom{n}{\frac{n}{2}} \overset{0}{J}(0) + \binom{n}{\frac{n}{2}-1} \overset{0}{J}(2) + \binom{n}{\frac{n}{2}-2} \overset{0}{J}(4) + \cdots \right\}$$

fortgesetzt, bis das Argument n auftritt.

Die vorher angedeutete Ähnlichkeit mit Entwicklungen der gewöhnlichen Cosinus-Funktion

$$\cos x$$

möge durch folgende Gleichungen bewiesen sein:

Man hat

$$\cos^0 x = 1$$
$$\cos^1 x = \cos x$$
$$\cos^2 x = \frac{1}{2}\{\cos(2x) + \cos 0\}$$
$$\cos^3 x = \frac{1}{4}\{\cos(3x) + 3\cos x\}$$

oder allgemein:

I. n = einer ungeraden Zahl, 1, 3, 5 ... 2m + 1

$$\cos^n x = \frac{1}{2^{n-1}}\left\{\cos(nx) + \binom{n}{1}\cos((n-2)x) + \binom{n}{2}\cos((n-4)x) + \cdots\right\}$$

fortgesetzt bis zum Gliede cos x.

II. n = einer geraden Zahl, 0, 2, 4 ... 2m

$$\cos^n x = \frac{1}{2^{n-1}}\left\{\frac{1}{2}\binom{n}{\frac{n}{2}}\cos 0 + \binom{n}{\frac{n}{2}-1}\cos(2x) + \binom{n}{\frac{n}{2}-2}\cos(4x) + \cdots\right\}$$

fortgesetzt bis zum Gliede cos (n x).

Ludwig Schläfli.

(1814 bis 1895.)

Zum Andenken

an die

Errichtung des Grabmonumentes Schläfli's und der Beisetzung der sterblichen Reste Jakob Steiner's

an der hundertjährigen Feier des Geburtstages des Letzteren

am 18. März 1896

gewidmet von

Dr. phil. J. H. Graf, ord. Prof. der Mathematik an der Hochschule Bern.

An *Hugo Schiff* in Florenz schrieb *Schläfli* in seiner bekannten festen, altmodischen, aber charakteristischen Schrift:

«An eine Autobiographie werde ich nicht Hand legen, denn «mein Leben war zu unbedeutend; alle jungen Männer, mit denen «ich fort und fort bekannt werde, haben mehr Bewusstsein, als ich im «selben Alter gehabt habe. Das Wenige, was ich sagen kann, will «ich Ihnen sogleich hin schreiben. Als ich in die Bürgerschule kam «und als unterster auf der hintersten Bank sass, zeichnete der alte «Lehrer auf meine Schiefertafel ein Quadrat und einen Kreis und «zwar sehr gut und hiess mich das nachmachen und die Tafel damit «füllen. Ich hatte daran eine unvergessliche Freude. — Die Aus-«ziehung der dritten Wurzel lernte ich von einem Schwager meiner «Mutter, der Weber und Trüllmeister, vielleicht auch Feldmesser war. «Die Destillation und die Bereitung des Wasserstoffs aus Wasserdampf «und glühendem Eisen erklärte mir einmal ein Oheim, der Arzt war, «und schloss mir damit eine neue Welt auf. Ein Schulkamerad, der «von einem deutschen Schuhmacher (der, wie es scheint, Freude an «der Erkenntniss der Natur hatte) ein Buch geliehen hatte, las aus «demselben in der Schulstube vor der Ankunft des Lehrers die «Kepler'schen Gesetze vor und sprach sich über die allgemeine Gravi-«tation aus. Das wirkte wie ein Blitz in die Finsterniss.»

Mit diesen einfachen Worten *Schläfli's* sei es uns gestattet, seine Biographie einzuleiten.

Ludwig Schläfli, von Burgdorf, wurde am 15. Januar 1814 zu Grasswyl geboren und am 28. Januar in der Kirche zu Seeberg getauft.[1]) Sein Vater, ein Handelsmann, war *Johann Ludwig Schläfli* von Burgdorf, *Daniel's* sel. Sohn, und seine Mutter *Magdalena Aebi* von Grasswyl.[2]) Weshalb die Familie zeitweise in Grasswyl gewohnt hat, ist nicht ganz sicher; sie kehrte aber bald nach Burgdorf zurück. *Ludwig Schläfli* ist der älteste von drei Brüdern gewesen; der Bruder mittleren Alters war im Kopfrechnen ein Original, wie *Winkler, Inaudi* und andere, und ein Schreiber; daneben trieb er viel Musik, war sehr oft in Geldnöthen und führte ein vacirendes Leben. Pfarrer D. *Haas* in Gampelen sandte an Professor *Schläfli* vor einigen Jahren ein von ihm sehr fein ausgeführtes Bild dieses seines Bruders, das dessen interessanten Kopf gut wieder zu geben scheint. Dieser unglückliche Bruder kam schliesslich in den Spital nach Burgdorf, von wo er eines Tages entwich und zu seinem in Bern lebenden Bruder *Ludwig* gehen wollte. Man fand ihn todt in der Strassenschale am Aargauerstalden, und Professor *Schläfli* stellte seine Identität in der Todtenkammer der Insel fest.

Wir führen diese Details an, um zu zeigen, dass der Familie die mathematische Begabung angeboren war. Sein jüngerer, noch in Burgdorf lebender Bruder *Emanuel* ist Kaufmann.

Ludwig Schläfli besuchte die Bürgerschule in Burgdorf und genoss den ersten Unterricht in der Mathematik bei Herrn *Hopf,* dem Vater des Dekan *Hopf* sel. von Thun. Wenn *Hopf* seine Beweise an der Wandtafel vorführte, so war *Schläfli* oft der einzige, der sie begriff und dann zu Hause schriftlich ausführte. Grosse Freude hatte er an der bekannten Sammlung von Beispielen, Formeln und Aufgaben aus der Buchstabenrechnung und Algebra, von *Meyer Hirsch,* 1804 zum ersten Mal erschienen. Mit unermüdlichem Eifer hat er sie durchgearbeitet und dieselbe auch später in seinen Vorlesungen

[1]) Auszug aus dem Taufregister zu Seeberg:
1814 den 28. Jenner ward hier getauft:
ehelicher *Ludwig.*
Parr. { *Joh. Ludwig Schläfli, Daniel's* von Burgdorf,
Magdalena Aebi von Obergrasswyl.
Tes. { Hr. *Joh. Ludwig Schläfli,* des Täuflings Vater,
Joh. Jakob Aebi.
Anna Aebi, der Mutter Geschwister,
Geben zu Seeberg, den 18. October 1814. *Nötinger,* Pfr.

[2]) Mittheilungen des Herrn *L. Schnell,* Fürsprecher und Notar in Burgdorf.

durchgenommen, wie ein Collegienheft von Professor Dr. *G. Sidler* beweist. Unstreitig wurde seine geradezu erstaunliche Fertigkeit im Rechnen durch diese Uebungen sehr geschärft. Erst 15jährig trieb er von sich aus Differenzialrechnung, indem er auf der Bibliothek Burgdorf den I. Band von *Kästner's* Analysis des Unendlichen fand. Beim Studium von Log. (a + b i) erhielt *Schläfli* schon den Anfang zu seiner allgemeinen Auffassung der Zahl.

Es ist bekannt, dass sein congenialer, engerer Landsmann, der grosse Mathematiker *Jakob Steiner* von Utzenstorf erst mit dem 17. Jahre auf eine höhere Schule, nämlich zu Pestalozzi nach Iferten, gekommen ist. Er musste als Bauernjunge an den Markt-Dienstagen auf den Wochenmarkt nach Bern; die Bauern behielten ihn oft bei sich, um sich ihre Käufe von ihm vorrechnen zu lassen, wobei sie ihm für jede Rechnung einen halben Batzen gaben. Auch *Ludwig Schläfli's* Vater wusste lange nicht, was er mit seinem Sohn anfangen sollte und dachte einen ambulanten Kaufmann (Hausirer) aus ihm zu machen. Mit einem Korb voll Waaren sollte er die umliegenden Dörfer besuchen, die Kostenpreise der Gegenstände wurden ihm mitgeteilt; allein nach der ersten Woche kehrte er abgemagert und hungrig nach Hause zurück. Verkauft hatte er fast gar nichts, weil . . . «er nicht begreifen konnte, dass man eine Sache theurer verkaufe, als man sie eingekauft habe». So liess man denn *Ludwig* studiren.

Im Jahre 1829 erhielt er ein Stipendium, bezog das Gymnasium in Bern und gab sich da gründlichen philologischen und mathematischen Studien hin. Damals ertheilte *B. Studer* den Unterricht in der Mathematik am Gymnasium. Einzelne seiner Monatszeugnisse sind noch vorhanden. Es mag dem etwas linkischen Jüngling schwer geworden sein, sich in die geregelte Schuldisciplin einer Klasse zu fügen, an sachbezüglichen Bemerkungen fehlt es nicht. Während *Studer* im Mai 1830 ihm das Zeugniss ausstellt, mit der Mathematik sei er noch nicht hinreichend bekannt, weise aber bereits schöne Kenntnisse auf, so sagt er schon im Juni, dass er zu den erfreulichsten Erwartungen berechtige, im November ist *Studer* sehr zufrieden mit ihm, obgleich ihm *Schläfli* nicht sehr sympathisch war. Die Veranlassung dazu war eigentlich gering. *Studer* hatte *Schläfli* ein Werk von *Lacroix*, wahrscheinlich «Traité élémentaire du calcul différentiel et du calcul intégral» geliehen, und *Schläfli* hatte es, um dasselbe besser gebrauchen zu können, und ohne Studer zu fragen, einbinden lassen.

Studer hielt *Schläfli* überhaupt für einen Querkopf, mit dem nicht viel zu machen sei. Nach zweijährigem Besuch des Gymnasiums wurde er nach den bestehenden Schuleinrichtungen in die Philosophie d. h. in die damalige Akademie promovirt. Die Eintrittsmatrikel, von Dr. *Eduard Henke*, Prorektor, unterschrieben, ist vom 7. Mai 1831 datirt. Hier unterrichtete *J. F. Trechsel*, auch ein Burgdorfer, Mathematik und Physik, der ihn aber, weil er *Schläfli* kannte, sofort von den Unterrichtsstunden in der Mathematik dispensirte; die Physikstunden hingegen besuchte *Schläfli*. Beim Aufschlagen eines Bandes der Petersburger Memoiren traf er auf eine Abhandlung *Euler's* über Hydromechanik. Da fiel sein Blick auf den 2. Differenzial-Quotienten und nach seinen eigenen Worten fiel es wie Schuppen von seinen Augen, dass er damit den Begriff der Beschleunigung habe.

Nach einem Brief eines Schulkameraden, *A. Willmann* in New-York (26. Dezember 1877), soll *Schläfli* 1833—1834 im Institut der Herren *Rank* [1]) und *Kreis* in Yverdon gewesen sein, wahrscheinlich um Französisch zu lernen; *Willmann* erkundigt sich auch nach den Schulkameraden *Rupp*, *de Lassey*, *Scherer* u. a.

Es scheint mir dies wohl möglich zu sein, jedoch hat Professor *Schläfli* uns nie von einem solchen Aufenthalt erzählt.

Als im Jahr 1834 die Akademie zur Universität umgewandelt wurde, [2]) trat *Schläfli* in die theologische Fakultät ein und studirte da bis zum Wintersemester 1836/37, wo er einen Theil seines Staatsexamens machte. Am 12. December 1836 wurde er provisorisch bis zum 1. November 1837 unter dem von Oberlehrer *Stähli* gemachten Propositionen zum Lehrer der Mathematik und der Naturlehre an die Burgerschule in Thun gewählt. [3]) Offenbar hatte er eine solche Stelle zu seinem Unterhalte nöthig, und doch war sie anfänglich so schlecht bezahlt, dass kein Anderer sie annehmen wollte. Den ganzen Winter und Sommer hindurch pilgerte er einmal wöchentlich von Thun nach Bern hinunter, um an theologischen Uebungen Theil zu nehmen. Hierauf bestand er das Staatsexamen als Theologe und wurde am 9. September 1838 consecrirt und in's bernische Ministerium

---

[1]) *Rank* war Lehrer am Pestalozzi'schen Institut gewesen und richtete dann, wahrscheinlich unmittelbar nach *Pestalozzi's* Abgang von Iferten, 1825 sein Institut im dortigen Schlosse ein.

[2]) Seine Matrikel ist datirt vom 11. Februar 1835 und vom Rector *W. Snell* unterschrieben.

[3]) Schreiben von Notar *Völkli*, Burgerrathschreiber.

aufgenommen. Nach damaligem Brauch erhielt er bei der Consecration den Spruch:

«I. Cor. IX 16. 17. Dass ich das Evangelium predige, darf ich mich nicht rühmen, denn ich muss es thun — und wehe mir, wenn ich das Evangelium nicht predigte. Thue ich es gerne, so wird mir gelohnet; thue ich es ungerne, so ist mir das Amt doch befohlen.» Trotz dieser Mahnung fühlte *L. Schläfli* innerlich keine Berufung in das Pfarramt einzutreten. Man erzählt sich, dass er an einem kalten Wintermorgen zu Fuss nach Bern gekommen sei, wo er seine Probepredigt um 10 Uhr hätte abhalten sollen; allein die Herren Examinatoren liessen ihm sagen, vor ein Uhr käme er nicht an die Reihe. Ausgefroren und hungernd hätte er sich um die genannte Zeit präsentirt und gesagt: Jetzt sei er nicht mehr im Stande zu predigen, er habe überhaupt nicht die Absicht Pfarrer zu werden und sich nur des Stipendiums wegen als Theologe eingeschrieben! und doch weiss man von Prof. *Ris*, seinem treuen Freund und Schulkameraden, dass er sein theologisches Examen vorzüglich bestanden hat. Es war sicher ein innerer Werdeprocess, der ihn zwang, am Abend des glücklich absolvirten Examens seinen Eltern, zu deren tiefem Herzeleid zu eröffnen, dass er nicht in's Pfarramt treten wolle, da er «nicht alles glaube».[1]) Und doch muss er seine Probepredigt gehalten haben, sonst wäre er nicht in's bernische Ministerium aufgenommen und im Verzeichniss fortgeführt worden. Immerhin hat seine Weigerung, in's Pfarramt einzutreten, damals einiges Aufsehen erregt. Seine ganze geistige Veranlagung trieb ihn aber auf die Seite der exacten Wissenschaften hinüber. Darum behagte ihm die Lehrstelle in Thun, hier hatte er Gelegenheit sich in das Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften zu vertiefen. Die Signatur dieser zehn in Thun verlebten Jahre ist denn auch: «Treuer Unterricht in der Schule und stilles, tiefgründiges Privatstudium». Man könnte sich fragen, wie es dem etwas unbeholfenen jungen Manne mit der Disciplin in der Schule möchte ergangen sein. Sein Unterricht packte die Schüler; *Schläfli* gab viel und verlangte viel; er hielt die Schüler gefesselt; sie bekamen Respekt vor seinem Wissen, so dass sie von allfälligen Ungezogenheiten glücklich abgelenkt wurden. Es erweist sich eben auch bei Schläfli's Lehrjahren, dass der Unterricht das beste

[1]) Mittheilungen von Herrn Dr. *F. Ris* in Thun, der diese Thatsache von der 86jährigen Frau *Minder* von Burgdorf, der Schwester von *Schläfli's* Schulkameraden *Rupp*, hat.

Disciplinarmittel ist und bleibt.[1]) Bei den jährlichen Examina war das Publikum Auge und Ohr und hatte seine helle Freude an dem Lehrer, in dem man den Meister in seinem Fache erkannte. Wir wollen nicht gerade behaupten, dass sich *Schläfli* strenge an den vorgeschriebenen Lehrplan hielt, deswegen hatte er etliche Auseinandersetzungen mit der vorgesetzten Behörde; er ging eben auch hier seinen eigenen Weg. Wie sein Unterricht aufgenommen wurde, zeigt eine Bemerkung des Erziehungsdepartements: «Der Lehrer der Natur-«geschichte würde seinem Unterrichte in der Botanik noch mehr «Interesse und Erfolg verschaffen, wenn er hie und da mit seinen «Schülern Excursionen machen würde».[2]) Das musste man ihm, dem eifrigen Naturfreund, nicht zum zweiten Mal sagen; die Bekanntschaft mit dem bedeutenden Botaniker, alt Rathsherr *Trog*, dem genauen Kenner der schweizerischen Pilze und Schwämme, wie auch eine Reihe von Ausflügen, die fast jeden Samstag Nachmittag ausgeführt wurden und die nahe Stockhornkette und ihre Umgebung zum Ziel hatten, bildeten seine Beobachtungsgabe so aus, dass er bald ein Meister im Fach der Pflanzenkunde wurde. Ein solcher Ausflug[3]) wäre ihm bald recht übel bekommen, denn eines Samstag Abends kam er im Pfarrhaus Amsoldingen, wo sein Freund und Schulkamerad, *August Thellung* als Pfarrer residirte, ganz erschöpft, mit zerrissenen Kleidern und ohne Hut an; er hatte sich beim Suchen nach einer seltenen Pflanze verstiegen, war eine grosse Strecke hinuntergerutscht und hatte sich nur mit Mühe retten können. Gestärkt und wieder mit dem Nöthigen versehen, pilgerte er dann Thun zu.

Schläfli war in seinen mathematischen Studien bis jetzt Autodidakt gewesen, denn seine Lehrer hatte er längst überholt. Oft hat er das Bedürfniss gefühlt, bei damaligen Koryphäen der Wissenschaft, bei seinem Landsmann *J. Steiner*, bei *C. G. J. Jakobi* und *Lejeune-Dirichlet* und anderen, sich Belehrung und Anregung zu holen, und schon war er, wie ein Brief seines Freundes *Ris* vom 14. September 1843 beweist, im Begriff, zu demselben nach Dresden zu reisen und dann nach Berlin zu gehen. Da traf *J. Steiner* in Bern ein. Demselben wurde vom Physiologen *A. Valentin*, Vater, der selbst zeitlebens ein tüchtiger Mathematiker gewesen ist, von *Schläfli* gesprochen, und *Valentin* vermittelte mit *Steiner* eine Zusammenkunft im Zunfthaus zu

[1]) Sein Notizbuch über seine Thunerschüler ist noch vorhanden.

[2]) Akten auf der «schweizerischen Landesbibliothek.»

[3]) Mittheilungen von Hrn. *August Thellung*, a. Pfarrer in Bern.

Mohren in Bern. Dort gab *Steiner Schläfli* einen Beweis *Jakobi's* über die Vertauschung der Variablen bei der Differentiation, eine Formel, die *Steiner* nicht ganz gut in ihrer Anwendung auf die Theorie der Polaren begriff. *Schläfli* hingegen machte ihm die Sache sofort klar, und dies imponirte *Steiner* so gewaltig, dass er sich, allerdings nach seiner Weise, des jungen Menschen anzunehmen entschloss. Er rieth ihm ab, nach Berlin zu gehen, da er jetzt dort niemand antreffe. Am besten sei es, wenn er gleich mit ihm, *Dirichlet* und *Jakobi* nach Italien käme; dort in Rom, wo alle, wenigstens die zwei Letztern, den Winter über verbleiben wollen, könne er den Umgang mit ihnen am besten pflegen.

Ende August 1857 traf *Hugo Schiff Dirichlet* und den Anatomen *Henle* auf dem Vierwaldstätter-See, wo *Dirichlet* viel nach *Schläfli* fragte und von jener Romreise erzählte. Keiner der drei Berliner Mathematiker hätte ein Wort Italienisch gewusst; da habe *Steiner* ihnen erklärt, er habe in Bern einen Bekannten, einen ländlichen Mathematiker, für die Welt ein Esel, aber Sprachen lerne er wie ein Kinderspiel, den wollen sie als Dolmetscher mit sich nehmen. Dies ist für das Verhältniss von *Steiner* und *Schläfli* charakteristisch, wie denn *Steiner* oft auch *Schläfli* als den genialsten Tölpel bezeichnet hat, der ihm in der Welt vorgekommen sei.

Wie dem auch sei, Thatsache ist, dass *Schläfli* nach einigem Bedenken sich entschloss mitzugehen und Anstalten traf, den Winter in Italien zuzubringen. Schultheiss *C. Neuhaus* bewilligte ihm am 13. September den nachgesuchten Urlaub. Auf seine Kosten stellte er in Thun einen Stellvertreter — es war Herr *Deyhle* —, entlehnte das Reisegeld bei einem Handelsmann *Gisi*, der sein Vermögen auf den jonischen Inseln gemacht hatte und in Thun lebte. Die Gebrüder *Knechtenhofer* im Bellevue bei Thun gaben ihm nach Rom einen Empfehlungsbrief mit. Der vom 29. Sept. ausgestellte Pass enthält die Bezeichnung: «Front haut». So reisten denn *Schläfli* und *Steiner* den 1. Oktober 1843 von Bern ab,[1]) den beiden anderen nach, die schon voraus waren. *C. W. Borchardt* war auch bei der Partie. Die Reise ging per Post nach Lausanne-Ouchy, per Dampfschiff nach Genf, per Post über Chambéry, den Mont-Cenis nach Turin und Genua, dann per Schiff nach Livorno, per Wagen nach Florenz, und so langte die Gesellschaft schliesslich am 16. November in Rom an, wo *Schläfli* via di due macalli No. 48

[1]) Das Ausgabenbuch mit allen seinen Details ist noch vorhanden.

in der Nähe der Chiesa St. Andrea Wohnung bezog. In Rom war damals die Familie *Mendelssohn*, mit welcher *Dirichlet* von Seiten seiner Frau verwandt war. *Felix Mendelssohn* erzählt in seinen Briefen von dem merkwürdigen Schweizer, den er in Rom kennen gelernt habe. *Schläfli's* Mangel an Weltkenntniss gab zu verschiedenen Quiproquos Anlass. Oberflächlichen Naturen, die bloss auf das Aeussere sahen, musste der Mann unbegreiflich und ohne weltmännische Bildung vorkommen; denn bis Ende der fünfziger Jahre ging *Schläfli* noch im altgewohnten bernischen Halbfrack; im schwarzen Gehrock, meinte er, käme er sich zu feierlich vor. Da mögen denn die feinen Damen, wie *Fanny Hensel, Mendelssohn's* Schwester, über den jungen Berner die Achsel gezuckt haben; sie wussten nicht, welche Entbehrungen sich der junge Mann seit vielen Jahren auferlegt hatte, wie *Schläfli* sich seinen Unterhalt schon lange selbst hatte verdienen müssen, und dass er auf den Genuss seines väterlichen Erbtheils verzichtet hatte, um den Unterhalt einer blödsinnigen Schwester zu bestreiten. *Dirichlet* hat sich aber *Schläfli's* wacker angenommen; er unterrichtete ihn jeden Vormittag in der Zahlentheorie; auch *Jakobi* nahm sich seiner an. *Steiner* und *Borchardt* mussten bald wieder wegen Berufsgeschäften nach Berlin zurück. Der Umgang mit diesen Meistern der Wissenschaft hat *Schläfli* ganz neue Horizonte eröffnet. Daneben lernte er das Italienische spielend. Die von ihm bearbeiteten Abhandlungen im Giornale arcadico di Scienze e lettere, wie

Steiner: Teoremi relativi alle coniche inscritte e circoscritte Vol. 99. p. 147—161. (S. Crelle XXX.)

— Del baricentro di curvatura delle curve piane, 115 S. Vol. 101. p. 237—280. — 102 S. 1—31 und 121—160.

Jakobi: Sulle condizioni di ugualianza di due radici dell' equazione cubica etc. 99. p. 3—11. (S. Crelle XXX.)

— Sul principio dell' ultimo moltiplicatore etc. 99. p. 129—146.

verwendete *Schläfli* gleichsam als Stilübungen. Andererseits hat ihn auch *Jakobi* benutzt. Derselbe hatte für *Nesselmann* in Königsberg die Aufgabe übernommen, in der Vaticana eine Handschrift des *Diophantes* mit den Editionen zu vergleichen, eine Arbeit, welche *Jakobi* an *Schläfli* übertrug. Bei dieser mehr oder weniger trockenen Arbeit hatte er auch einmal von einer Gallerie aus die Gelegenheit, den Papst zu sehen. Wie *Schläfli* gelebt hat, ist noch aus seinen Aufzeichnungen ersichtlich; anfangs wohl wenig sparsam in seinen Ausgaben, wird seine

Kost gegen Ende des Aufenthalts in Rom, etwa März 1844, sehr mager. Er verliess Rom am 10. April und kehrte von Cività vecchia per Schiff über Marseille und von da, am 25. April, über Avignon-[1]) Genf nach Thun an seine Lehrstelle zurück.

In den Berichten der Delegirten des Erziehungs-Departements an den Verwaltungsrath der zum Progymnasium umgewandelten Burgerschule wird anerkannt, dass die Prüfung in den Fächern Mathematik und Naturkunde zu den gelungenen gehöre. *Schläfli* selbst klagt aber über zu wenig Theilnahme der Schüler, und die Experten bemerken, dass sein Unterricht zu hoch gehalten sei und die Fassungskraft der Schüler übersteige[2]). Er fühlte es selbst immer mehr, dass er für den Unterricht von Schülern jüngern Alters nicht recht tauge, und sehnte sich nach einem andern Wirkungskreis. Aufgefordert reichte er dem damaligen Erziehungsdirektor, Dr. *J. Lehmann*, eine mathematische Abhandlung[3]) ein und bewarb sich um die venia docendi und um eine Anstellung. Auf Frühling 1847 trat nämlich Professor *J. F. Trechsel* von seinem Lehrstuhl, der die Fächer Physik, Mathematik und Astronomie in sich begriff, zurück. In der Fakultät wurde von *Schläfli* gesagt, dass er ein seltener, ausgezeichneter Kopf und mit *Steiner* befreundet und von ihm geachtet, aber höchst unpraktischen Wesens sei, und es wurde beschlossen, da die Fächer doch nun einzeln zu besetzen seien, *Wolf* als Extraordinarius für Mathematik mit Fr. 600 Besoldung in erster Linie, in zweiter Linie *C. Adams* von Winterthur mit 1600 Fr. Besoldung, *Gerwer* als Docent mit Fr. 400 Besoldung vorzuschlagen, und bezüglich *Schläfli's*, um dieses bedeutende Talent für die Hochschule zu gewinnen, wurde es der Erz.-Direktion überlassen, demselben irgend eine «Attentation» zukommen zu lassen. Im April entschied die Erz.-Direktion dahin, dass *Wolf*, *Gerwer* und *Schläfli* zu Docenten ernannt seien, *Schläfli* mit Aussicht auf Honorar. Das gesetzliche Privatdocenten-Honorar mit Fr. 400 a. W. wurde *Schläfli* am 1. April 1848 ertheilt, mit dem ausdrücklichen Versprechen, dass er bald zum Professor promovirt werde. Mit dieser Besoldung musste *Schläfli* sich bis zum Jahre 1853 begnügen. Bei der Bereinigung des Vorlesungsverzeichnisses im Januar 1853 für das Sommersemester 1853 wurde die Frage erörtert, ob den Privatdocenten *Wolf* und *Schläfli* ge-

[1]) Sein Postbillet ist noch vorhanden.

[2]) Schreiben des Verwaltungsrathes an ihn vom 12. Juni 1843.

[3]) Mittheilungen des Hrn. *K. Lauener*, Sekretär der bernischen Erz.-Direktion; findet sich nicht unter den Akten der Erz.-Direktion.

stattet sei, ihre resp. angegebenen Vorlesungen über Meteorologie und Botanik, Fächer, welche nicht unmittelbar in den Bereich der Lehraufträge gehören, für welche die beiden Herren angestellt wären, in das Vorlesungsverzeichniss einzugeben, und die beiden Docenten sollen sich darüber ausweisen, ob sie befähigt seien, diese Vorlesungen zu halten. Nachdem *Wolf* die Verwandtschaft der Meteorologie und der Astronomie in einem längern Schreiben auseinandergesetzt hatte, und seinen Zweck erreichte, und *Schläfli*, wenn auch verspätet, das Gleiche gethan, wurde auch die Vorlesung des Letztern unter dem Titel: «Geometrische Betrachtung des Wuchses der Pflanzen und Conchyliometrie» gestattet.

In den 50er Jahren hat sich *Schläfli* eingehend mit theoretischer Chemie beschäftigt. Es vollzog sich damals bekanntlich ein Umschwung in den bisherigen Anschauungen über die Zusammensetzung der Körper und *Schläfli* blieb hier stets auf der Höhe. *Hugo Schiff* pflegte zu sagen: «Der Einzige, der in Bern etwas von Chemie versteht, ist *Schläfli*».

Inzwischen fing man an, auf *Schläfli* im Ausland aufmerksam zu werden. Am 18. Januar erhielt er die Nachricht, dass die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse der Kaiserlichen Akademie zu Wien die Aufnahme der Arbeit [1]) «Ueber die Resultante eines Systems mehrerer algebraischer Gleichungen etc.» in ihre Denkschriften aufzunehmen beschlossen habe, wo sie wirklich in Band 4 erschienen ist. *Schläfli* erhielt dafür ca. 760 Fr. Honorar, was er sehr gut brauchen konnte, denn seine Lebenslage war eine missliche. Als er der Erziehungsdirektion zwei Exemplare der erwähnten Abhandlung zusandte, begleitete er diese Zueignung mit einem Brief, dem ich folgende charakteristische Stelle entnehme:

. . . «Hatte ich mir Hoffnung gemacht, mein spärliches Ein-«kommen durch Privatunterricht zu verbessern, so sah ich mich bald «auch in dieser Hoffnung getäuscht. Bei der grossen Zahl glücklicherer «Privatlehrer fiel mir, der ich hier ganz unbekannt war, von Privat-«unterricht so viel wie gar nichts zu. Ich bin daher durch meine «Habilitation an hiesiger Hochschule, zu welcher ich unter Eröffnung «günstiger Aussichten von der Behörde aufgefordert worden, in der «That in die drückendste Lage gerathen. Eigenes Vermögen habe ich «nicht; das kleine Erbe, das mir von meinen Eltern selig zugefallen, «habe ich seiner Zeit der Waisenbehörde von Burgdorf zur Unterhaltung «meiner unglücklichen imbecillen Schwester abgegeben; beschränkt

[1]) Wohl auf *Steiner's* Empfehlung hin, wie ich aus einem Konzept eines unzweifelhaft an *Steiner* gerichteten Briefes vom 7. Februar 1851 schliesse.

«einzig auf das Honorar von 400 Franken, muss ich im eigentlichen «Sinne des Wortes darben, nicht nur an meiner Person, was ich mit «Freuden ertrüge, sondern auch an allen Hülfsmitteln meiner Wissenschaft. «Ich sehe sehr wohl ein, dass Sie, hochgeehrter Herr Director, bei dem «so geringen Bedürfniss nach höherer mathematischer Bildung, das sich «hier unter den gegenwärtigen Umständen kund giebt, Anstand nehmen «müssen, den Docenten der Mathematik eben reichlich auszustatten; «erlauben Sie mir aber gütigst die Freiheit, Sie in aller Bescheidenheit «darauf aufmerksam zu machen, dass die höhere Mathematik und der «Lehrstuhl derselben an und für sich doch ein unumgänglich noth- «wendiger und wesentlicher Theil einer universitas litterarum ist, «der daher an keiner Hochschule fehlen darf, dass ich ohne «unbescheiden zu sein, behaupten darf, diesen Zweig der Wissenschaft «an unserer Hochschule angemessen und würdig zu vertreten, und dass «ich für mein Wirken an dieser öffentlichen Anstalt weiter nichts ver- «lange als eine öffentlich anerkannte Stelle, eine Professur mit einer «bescheidenen Besoldung, die mich wenigstens davor schützt, an allem «Nothwendigen Mangel zu haben.»

Der letzte Satz ist von seinem Freund Prof. *Ris* [1]) dem Schreiben beigefügt. *Schläfli* hätte ihn in seiner Bescheidenheit nicht beisetzen dürfen. Seine wirklich missliche Lage mag noch durch Folgendes beleuchtet werden: Am Ende des ersten Jahres seiner Thätigkeit in Bern erhielt er den Steuerzeddel für den Betrag seines doppelten Gehalts. *Schläfli* reklamirte. Man entgegnete ihm lachend, er werde doch niemand glauben machen wollen, dass er von seinem winzigen Gehalt leben könne. Schliesslich musste er die doppelte Steuer und noch Verzugsstrafe zahlen, wie er *Hugo Schiff* zur Warnung erzählt hat, als er 1858 zu ihm kam, um ihm zu seinem ersten Besoldungsbezug zu gratuliren. Thatsache ist, dass *Schläfli* in dieser Zeit im eigentlichsten Sinne des Wortes, wie er uns selbst erzählt hat, den «blauen Hunger» gelitten hat. Sein Freund *Ris* hat ihn da über Wasser gehalten. *Schläfli* sagt selbst von demselben: [2]) «Ich verdanke ihm meine ganze «Wirksamkeit. Als er vernahm, dass meine beiden Eltern gestorben «waren, suchte er mich auf und verschaffte mir Privatunterricht bei «denselben Kindern, deren Hauslehrer er damals gewesen war. In allen «Nöthen ist er mir als treuer Freund beigestanden. Ihm verdanke «ich es, dass ich an hiesiger Hochschule eine angemessene Lehr-

[1]) Professor der Philosophie an der Hochschule, † 21. Dezember 1887.

[2]) Brief von *Hugo Schiff*, 26. Januar 1888.

«thätigkeit fand.» Der damalige Erziehungsdirektor *A. Moschard* war *Schläfli* sehr wohlwollend gesinnt. *Schläfli* gehörte 1851 mit a. Regierungsrath *Fetscherin* und Grossrath Dr. *Manuel* der Kommission an, welche das Gymnasium in Bern, die Progymnasien in Thun und Biel zu inspiciren hatten. Auch später, Ende der 60er Jahre, war *Schläfli* Mitglied der Kommission, welche den Unterricht der Realabtheilung der bernischen Kantonsschule zu überwachen und zu reorganisiren hatte, und seine Notizbücher zeigen, wie genau er es mit seiner Aufgabe genommen hat. Die Promotion zum Professor hätte wohl noch lange auf sich warten lassen, wenn nicht *Steiner* sich in's Mittel gelegt und gedroht hätte, die Angelegenheit vor der ganzen wissenschaftlichen Welt gehörig zu beleuchten. So wurde denn *Schläfli* am 22. September 1853 gleichzeitig mit *R. Wolf* zum Professor extraordinarius erwählt, und zwar erhöhte man seine Besoldung auf 1200 Franken. Diese Besoldung ist noch keine grosse zu nennen. Zu dieser Zeit wurde *Schläfli*, wieder auf die Empfehlung seines Freundes, Professor *Ris*, von der Massaverwaltung der schweizerischen Nationalvorsichtskasse in Bern die Ausrechnung der Beträge der einzelnen Betheiligten übertragen. Nach einem bestimmten Tarif wurde er für die Ausrechnung des Annuitätsbetrages oder des Baarvertrags eines Berechtigten entschädigt und ein förmlicher Vertrag abgeschlossen. Allfällige Kontrolle und Aushilfe bei den Rechnungen gingen auf *Schläfli's* Kosten. Wer sein Gehülfe gewesen ist, habe ich nicht in Erfahrung bringen können, jedoch hat diese Arbeit *Schläfli's* freie Zeit wohl bis zum Jahr 1860 in Beschlag genommen und ihn für ebenso viele Jahre der wissenschaftlichen Forschung entzogen. Andererseits ist dieser Nebenverdienst auch der Grund gewesen zu seinem bescheidenen Vermögen, das er sich für die Tage des Alters recht eigentlich am Munde abgespart hat. Er liebte es nicht, an diese Zeit erinnert zu werden und sprach nicht gern davon.

Am 21. Januar 1863 zeigte ihm Erziehungsdirektor *Kummer* an, dass der Regierungsrath seine Besoldung auf 1400 Franken erhöht habe. Es sollte ihm noch eine weitere Ehrung zu Theil werden. Schon im Jahr 1854, als sich *Schläfli* auf den Rath seiner Freunde Dekan *Hopf* und Professor *Rettig* hin um eine Berufung an eine der mathematischen Professuren bewarb, die mit dem neu zu errichtenden schweizerischen Polytechnikum in Zürich verbunden waren, handelte es sich darum, dass die philosophische Fakultät der Hochschule Zürich ihm auf den Antrag *Raabe's* den Ehrendoktor ertheile; obwohl man damals zugab,

dass *Schläfli* zu promoviren für Zürch eine Ehre gewesen wäre, waren die Verhältnisse in der dortigen Fakultät zu ungünstig. Zudem war leider die Meinung ziemlich verbreitet, *Schläfli* sei kein guter Lehrer, und sicher hatte er damit auch bei seiner Bewerbung an's Polytechnikum zu kämpfen und dabei auch kein Glück gehabt. Aber in seiner eigenen Heimat fing man doch an, auf ihn aufmerksam zu werden. Am 10. März 1863 ertheilte ihm die philosophische Fakultät der Hochschule Bern den Doktor philosophiae honoris causa. Das Schreiben, mit dem ihm das Diplom übersandt wurde, von Professor *M. Lazarus*, als Dekan, und *H. Usener*, als Sekretär, unterzeichnet lautet: «Die philosophische Fakultät hat in ihrer «Sitzung vom 10. III. d. J. im Hinblick auf die Bedeutung Ihrer Verdienste «um die Förderung der Mathematik und Botanik und in freudiger Aner-«kennung Ihres über die verschiedensten Gebiete sich verbreitenden «gründlichen Wissens den einstimmigen Beschluss gefasst, Sie zum Doktor «philosophiae honoris causa zu creiren. Es gereicht ihr zur besondern «Genugthuung, durch diesen Akt kund zu geben, dass die Hochachtung, «deren sich Ihre Leistungen bei dem wissenschaftlichen Publikum «Europas erfreuen, Ihnen in nicht geringerem Masse auch an der Anstalt «zu Theil wird, welche die Ehre hat, Sie zu den ihrigen zu zählen.»

Das Doktordiplom selbst lautet in deutscher Uebersetzung:

«Der Senat der Universität Bern unter dem Rektorat von *Ant.* «*Biermer*, o. Professor der Medizin, auf Anregung der philosophischen «Fakultät und deren Dekan *Moritz Lazarus*, o. Professor der Philo-«sophie, ertheilt dem hervorragenden und gelehrten Mann:

«*Ludwig Schläfli*, Bürger von Burgdorf, Diener des Göttl. Wortes «und ausserordentlichem Professor der Mathematik,

Honoris causa

«die Würden, die Rechte und die Privilegien eines Doktors der «Philosophie.» —

«Dies in Anbetracht von dessen staunenswerther und umfang-«reicher Gelehrsamkeit, welche die verschiedensten Wissenschaften, «deren Beherrschung durch einen einzigen Mann kaum möglich zu sein «scheint: Mathematik, Naturkunde, Theologie, alte und neue Sprachen, «mit derselben Gründlichkeit umfasst und welche durch Scharfsinn und «Belesenheit hervorragende Veröffentlichungen nicht nur bei uns, sondern «auch überall im Auslande bekannt gemacht und zur Anerkennung «gebracht hat.»

Und lateinisch:

Rectore *Antonio Biermer*, Decano Philosophorum ordinis *Mauritio Lazaro*, Senatus Universitatis Bernensis amplissimo Philosophorum

ordine auctore Viro praestantissimo atque doctissimo *Ludovico Schlæfli*, civi Burgdorfensi, Verbi divini ministro, Matheseos professori publico extraordinario, propter eruditionem mirabilem et copiosam, diversissima disciplinarum genera et quæ vix unius hominis esse videantur: Mathematica, Naturæ rationem, Theologiam, Linguas veteres et recentes, eadem peritia complexam, praeclaris litterarum et ingenii monumentis non solum apud nos sed etiam apud externas nationes cognitam et probatam

Doctoris Philosophiae dignitatem jura privilegia
Honoris causa

detulit.

Bernae, die X. Martis anni MDCCCLXIII.

In einem Brief vom 23. Januar 1868 theilt ihm *C. W. Borchardt* in Berlin, längst seit der Romreise mit *Schläfli* befreundet, mit, dass er das durch den im Dezember 1867 erfolgten Tod Poncelets frei gewordene Freiexemplar des *Crelle'schen* oder *Borchardt'schen* Journals für reine und angewandte Mathematik als ein Zeichen des Dankes für so viele gesandte Beiträge *Schläfli* bestimmt habe. Derselbe hat es denn auch vom 69. Band weg bis zu seinem Tod 1895 stets regelmässig zugesandt erhalten. Dann bittet ihn *Borchardt:*

»Auch wäre es mir, obgleich ich den grössten Theil Ihrer Arbeiten »zu kennen glaube, angenehm, wenn Sie selbst mir diejenigen (und »zwar besonders geometrischen) Arbeiten nennen oder kurz andeuten »wollten, welche Sie für Ihre Haupt-Arbeiten halten. Es ist möglich, »doch freilich nicht gewiss, dass sich im Laufe dieses Jahres eine »Gelegenheit findet, wo hiervon zu Ihrem Vortheil Gebrauch gemacht »werden kann, und eine solche Gelegenheit wollte ich alsdann nicht »gern ungenutzt vorübergehen lassen.« Damit deutet wohl *Borchardt* an, dass er entweder *Schläfli* für eine Berufung oder für die Empfehlung als Mitglied der Akademie in Aussicht genommen hat. Dass er jemals nach Berlin berufen worden sei, wie allgemein behauptet wird, habe ich in den Akten bis jetzt noch nicht finden können.

Die philosophische Fakultät empfahl ihn den 25. Mai 1868 einstimmig zur Beförderung als ordinarius. Damit hat es zwar noch einige Zeit gedauert, seine Schüler fingen an energisch für den bescheidenen Gelehrten einzutreten. Der erste, der bei *Schläfli* den Doctor philosophiæ machte, ist *C. F. Geiser*[1]), er erhielt am 28. Juli

[1]) Die Dissertation lautete: Beiträge zur synthetischen Geometrie 1866. Zürich, Schabelitz'sche Buchhdlg. (Cæsar Schmidt). 36 S. gr. 8°.

1866 den Grad magna cum laude, am 25. Januar 1871 folgte *A. Meyer*[1]) mit dem Grad summa cum laude als zweiter, am 24. November 1877 folgte der Schreiber dieser Zeilen mit gleichem Grade[2]), dann am 25. Januar 1878 ebenso *Elisabeth von Litwinoff-Iwaschkina*[3]) aus Tula, unsere Commilitonin von Zürich und Bern, als 5. am 1. November 1878 *Jakob Hilfiker*[4]), am 31. Januar 1879 *Friedrich Græfe*[5]) magna cum laude, am 31. Juli 1883 *G. Huber*[6]) summa cum laude, am 10. November 1884 *U. Bigler*[7]) mit gleichem Grad, am 6. November 1886 ebenso *Ch. Moser*[8]), 9. November 1888 *Alfred Jonquière*[9]), am 13. November *F. Büzberger*[10]) beide im gleichen Rang und am 20. Mai 1891 *Hans Tschumi*[11]) als 12. und letzter Doktor unter *Schläfli's* Ordinariat mit dem Grade magna cum laude.

Es war *Johann Jakob Schönholzer*, seit 1869 in Bern, ein eifriger Schüler *Schläfli's*, der sich bald durch seine Tüchtigkeit als Lehrer an der Kantonsschule in Bern die Achtung der Behörden erwarb, der energisch für *Schläfli* eintrat. Am 1. Februar 1872 erhöhte der Regierungsrath auf Antrag des damaligen Erziehungsdirektor *J. J. Kummer* die Besoldung *Schläfli's* auf 2000 Franken und beförderte ihn zugleich zum ordentlichen Professor, jedoch geschah die Beförderung unter der Bedingung, «dass Sie nicht auf diesen Titel gestützt eine höhere Besoldung als die angegebene beanspruchen.» So schätzte man diesen Gelehrten von Weltruf. Die Gerechtigkeit gebietet zu constatiren, dass am 2. Juli 1873, auf Antrag *Constantin Bodenheimer's*, die Besoldung auf Fr. 3000 erhöht wurde, und *Schläfli's* Schüler legten sich so kräftig in's Zeug, dass er endlich am 11. Dezember 1879

---

[1]) Titel der Dissertation: Zur Theorie der unbestimmten ternären quadratischen Formen. Zürich, Zürcher & Furrer. 1871. 37 S. 8°.

[2]) Beiträge zur Theorie der Riemann'schen Fläche. Zürich 1878. 46 S. 8°.

[3]) Lösung einer Abbildungsaufgabe. 1879. Druckerei der k. Akademie der Wissenschaften, Petersburg.

[4]) Theorie des Meridianinstruments.

[5]) Der Paskal'sche Satz. Stämpfli'sche Druckerei, 1879.

[6]) Anwendungen der conformen Abbildung.

[7]) Potential einer elliptischen Walze.

[8]) Ueber Gebilde, welche durch Fixation einer sphärischen Curve und Fortbewegung des Projectionscentrums entstehen.

[9]) Ueber einige Transcendenten, welche bei der wiederholten Integration rationaler Functionen auftreten.

[10]) Ein mit der Theorie algebraischer Flächen zusammenhängendes planimetrisches Problem.

[11]) Beitrag zur Geschichte und Discussion der Cycloide.

in seiner Besoldung einigermassen gleich gehalten wurde wie andere Professoren, indem man ihn mit Genuss vom 1. Oktober rückwärts an mit 4000 Franken besoldete.

Schläfli war und blieb überaus einfach in seinen Bedürfnissen und darin ein Original. Er wohnte die längste Zeit im Haus Gränicher (ehemals Café Dumont) neben der Oranienburg, einmal auch im Sprengergut in Wabern und als das Café *Gräf*, in dem er zu speisen gewohnt war, geschlossen wurde, hatten wir das Glück, ihn zirka ein Jahr lang an unserm Mittagstische zu sehen. Ein bürgerlicher Haushalt hat ihm daraufhin so gut gefallen, dass er sich entschloss eine eigene Haushaltung anzufangen und dabei hatte er das Glück, in Fräulein *Margar. Spichtin* eine Haushälterin zu finden, die für ihn, da er so gar nichts auf die äussere Erscheinung gab, in ausgezeichneter Weise besorgt war. Vom Jahr 1876 hat man in diesen Dingen denn wirklich eine sichtliche Wandlung konstatiren können. Wir erinnern uns noch ganz gut, wie *Schläfli* den Gedanken gefasst hat, seine Berliner Freunde, namentlich *Borchardt*, zu besuchen. Nicht etwa, dass er des Reisens nicht gewohnt gewesen sei, gieng er doch viele Jahre über die Alpen zu seinem Freund *Casorati*, der regelmässig in Rezzonico am Comersee mit seiner Familie die Ferien zubrachte. Aber so gut ausgerüstet, wie er seine Berlinerfahrt antrat, hatten wir ihn noch niemals gesehen. Ueberzieher und derartiges war ihm bis jetzt fremd geblieben. In Berlin wurde er ausgezeichnet aufgenommen, von *Borchardt* sowohl als von *Weierstrass* und *Helmholtz, Kronecker, Kummer* und *Kirchhoff;* hingegen fieng schon dazumal sein Gehör an abzunehmen; er erzählte uns, wie ihn *Borchardt* in's Hoftheater genommen hatte, aber trotz eines guten Platzes habe er doch nichts verstanden. Ein Abend bei *Helmholtz* war besonders in seiner Erinnerung geblieben.[1])

Sein Leben in Bern war ein ausserordentlich regelmässiges, was die Arbeit anbetrifft. Gewöhnlich war er Sommer und Winter um 3 Uhr Morgens an seinem Schreibtische, er gieng aber auch gern 9 oder 10 Uhr zu Bett. Nach dem Kolleg liebte er es, sich über die behandelten Gegenstände bei einem Glase Bier zu unterhalten, und der runde Tisch im Café Krone war oft Zeuge der gelehrten Gespräche, die dort

[1]) Ueber *Schläfli* als Botaniker erzählte *H. A. Schwarz* Herrn Prof. *Sidler*, er, *Schwarz*, habe *Schläfli* bei seinem Anfenthalt in Berlin in den botanischen Garten geführt und dem Garten-Direktor, Prof. *Alex. Braun* (Schwager von Agassiz), vorgestellt. Die beiden Herren hätten sich sofort tiefgründig über die Gesetze der Blattstellungen unterhalten.

angehoben wurden. Von dieser Tafelrunde leben leider nicht viele mehr, viele sind schon dahingegangen.

Ehrungen vom Auslande folgten Schlag auf Schlag. Am 9. September 1868 wurde *Schläfli* zum correspondirenden Mitglied des Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere in Mailand ernannt. Das Diplom ist von *F. Brioschi* und *Schiaparelli* unterzeichnet; dasselbe Institut ordnete ihn an die am 12. Dezember 1877 stattgefundene *Hallerfeier* als Delegirten ab. Am 31. Oktober 1870 zeigte ihm *E. Du Bois-Reymond,* Sekretär der physikalisch-mathematischen Klasse der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin an, dass ihm für seine Leistungen auf dem Gebiete der synthetischen Geometrie von der Akademie der *Steiner'sche* Preis im Betrage von 600 Thalern verliehen worden sei.[1]) Am 1. Dezember 1871 wurde er von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen zum correspondirenden Mitglied in der mathematischen Klasse ernannt.[2]) *A. Cayley* lud *Schläfli* persönlich zur Versammlung der British Association vom 14.—21. September 1864 in Bath ein, eine gleiche Einladung unterzeichnet vom Lord-Major *St. Jaipey* von Dublin erfolgte am 21. Mai 1878. Bei Herausgabe der neuen Serie der Annali di Matematica pura e applicata wurde von *Brioschi* und *Cremona* Gewicht darauf gelegt, seinen Namen unter den Mitarbeitern nennen zu dürfen. An dem Congress italienischer Gelehrter in Palermo, 29. August 1875, wurde er gebeten Theil zu nehmen; schon auf denjenigen in Rom am 17. Sept. 1873 hatte er eine warme Einladung von Cremona erhalten. Das «Institut de France», secrétaire perpétuel *A. Dumas,* überreichte ihm die Werke *Cauchy's,* welche von der Académie des Sciences herausgegeben wurden; am 30. November 1881 erhielt *Schläfli* im Auftrag des norwegischen Ministers der Erziehung und des Cultus die Werke *Abel's.* Das Gleiche geschah von der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin bezüglich der Werke *G. Lejeune-Dirichlet's.* Die Reale Academia dei Lincei in Rom ernannte ihn am 16. Dezember 1883 mittelst folgender Urkunde zu ihrem korrespondirenden Mitglied:

Regia Lynceorum Academia.

Quintinus Sella Lynceorum princeps *Ludovico Schläfli* S. D. Lynceorum societas, suam principibus viris, tam apud Italos quam apud Exteros, de optimis studiis egregie meritis perpetuam voluntam

[1]) Originalbrief bei den Akten.

[2]) Diplom bei den Akten.

testandi sollicita, Te virum Clarissimum inter Sodales suos Ordinarios exteros disciplinis physicis, mathematicis et naturalibus adscriptos cooptavit. Nunc vero, quod munus meum est jucundissimum, candide mihi et Lynceorum Societati in primis gratulans, te Sodalem Ordinarium exterum renuntio, tibique Societatis tesseram aeneam mitto nec non illa Actorum Academia volumina, de quibus adhuc constituendi potestas penes nos est. Simul accipies Constitutionum Lyncearum exemplar, ex quibus quaecumque vel Societatis formam, vel singulorum munera et honores respiciunt, facile colliges. Reliquum est, ut pro nostra modo conjunctione, tum meo, tum autem Collegarum nomine, tecum precibus agam quam possum diligentissimis, ut pro virili parte Academiae profectui adsis, nobilibus ingenii tui scriptionibus volumina ad honestando quae in studiorum gratiam quot annis prelo traduntur. Hoc porro boni et lubentis animi tui in nos praeclarum extabit testimonium. Vale, et nostri memor esto. Dabam Romae ex aed. Lynceis, XII. kal. ian. A. Ch. MDCCCLXXXIII. *Quintinus Sella. Dominicus Carutti, Petrus Blaserna* ab actis.

Die zugesandte Erztafel enthält folgende gravirte Inschrift:

Regia Lynceorum Academia.

An. a Societate instituta CCLXXX *Ludovicum Schlaefli* inter sodalis suos exteros in classem disciplinarum physicarum mathematicarum et rerum naturalium adscriptos ultra accivit porta nominis fama collegium condecorari expetens eadem auguratu illum novis ingenii monumentis communia studia auctarum.

Gratulans Sodali optatissimo *Quintinus Sella* Lynceorum princeps incisam societatis tesseram mittit Romae XVII kal. ian. A. C. MDCCCLXXXIII.

Dom. Carutti
Petr. Blaserna } ab actis.

oder in Uebersetzung:

Königliche Akademie der Lincei.

Quintino Sella, Vorstand der Lincei

grüsst *Ludwig Schläfli.*

Die Gesellschaft der Lincei hat in dem Bestreben, den hervorragendsten Männern, sowohl in Italien als im Auslande, welche sich um die Wissenschaften besonders verdient gemacht haben, Dich hochberühmten Mann unter ihre ordentlichen auswärtigen Mitglieder der physikalischen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer auf-

genommen. Nun liegt mir die angenehme Pflicht ob, Dich, indem ich mir und der Gesellschaft der Lincei vor allem aufrichtig Glück wünsche, zum ordentlichen auswärtigen Mitglied zu ernennen und Dir die eherne Tafel der Gesellschaft zu übersenden, sowie diejenigen Bände der Verhandlungen der Gesellschaft, über welche wir noch verfügen können. Zugleich erhältst Du ein Exemplar der Statuten der Lincei, woraus Du alles, was das Wesen der Gesellschaft und die Pflichten und Rechte der einzelnen Mitglieder betrifft, entnehmen magst.

Schliesslich bitte ich Dich, gemäss unserer Verbindung, sowohl in meinem eigenen Namen als in dem meiner Collegen, auf's Angelegentlichste, in Deinem Theile die Akademie zu fördern, indem Du ihr die Bände Deiner schätzbaren Geistesarbeit verehrst, welche alljährlich zur Förderung der Wissenschaften unter die Presse kommen. Das wird ein treffliches Zeugniss Deiner guten und wohlwollenden Gesinnung gegen uns sein.

Lebe wohl und sei unser eingedenk.

Gegeben zu Rom im Hause der Lincei, am 16. Dezember 1883.

Quintino Sella. Domenico Carutti.
Pietro Blaserna.

Die königliche Akademie der Lincei

hat im 280. Jahre seit ihrer Gründung *Ludwig Schläfli* unter ihre auswärtigen Mitglieder der physikalischen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Classe aus freien Stücken berufen in dem Wunsche, ihre Genossenschaft mit dem Ruhme seines Namens zu schmücken und in der Voraussicht, dass er die gemeinsamen Studien durch neue Denkmäler seines Geistes fördern werde.

Mit Glückwunsch übersendet *Quintino Sella*, Vorstand der Lincei, dem geschätzten Genossen die Inschrifttafel der Gesellschaft.

Rom, am 16. Dezember 1883.

Dom. Carutti. Pietro Blaserna.

An der 50jährigen Gründungsfeier der Hochschule Bern, den 4. bis 6. August 1884, wurde *Schläfli* von der königlichen Universität Rom als Delegirter bezeichnet und hatte die Gratulationsadresse dieses Instituts zu übergeben. Als *Schläfli* vortrat und dem Rector magnificus, Professor Dr. *Forster*, das Dokument mit einigen Worten übergeben wollte, wurde dem Gelehrten eine spontane Huldigung bereitet,

welche ihn tief gerührt hat. Zu seinem 70. Geburtstag gratulirten ihm die Fachkollegen Zürichs mit einer Adresse folgenden Inhalts:

Herrn Professor Dr. *Ludwig Schläfli*
in Bern
zu seinem siebenzigsten Geburtstage
am 15. Januar 1884.

Allseitiges und unvergängliches Glück wünschen Dir, dem überall berühmten Mathematiker und scharfsinnigen Veda-Kenner, an Deinem siebenzigsten Geburtstage Deine wahren Freunde, die da wohnen in der Stadt mit dem Namen Zürich.

«Die Wissenschaft ist des Mannes schönste Schönheit ein tief geborgener Schatz.»[1])

Hochgeehrter Herr!

Zu dem heutigen Festtage, an welchem Sie auf siebenzig zurückgelegte Lebensjahre blicken, senden wir, die unterzeichneten in Zürich weilenden Fachgenossen, Ihnen die herzlichsten Glückwünsche. Wohl wäre es uns ein Leichtes gewesen, den Gruss, den wir vorbringen, mit den Namen hervorragender Mathematiker aus ganz Europa decken zu lassen, denn überall, wo unsere Wissenschaft gefördert wird, gedenkt man anerkennend der Arbeiten, durch welche Sie nun schon seit vierzig Jahren an der Entwickelung der mathematischen Disciplinen mitgewirkt haben. Aber Ihrer Art widerspricht es, sich zum Mittelpunkte einer grossen Ovation gemacht zu sehen, und uns liegt es ganz besonders am Herzen, Ihnen zu sagen, dass auch in Ihrem Heimatlande, welches so lange Ihre Bedeutung nicht zu würdigen verstand, die Einsicht in Ihre grossen Leistungen und der Stolz auf dieselben nicht mehr fehlen. Hat doch in dem Jahrhundert, das seit des unvergleichlichen *Leonhard Euler's* Tode verflossen ist, kein Schweizer so vielseitig wie Sie das mathematische Wissen seiner Zeit beherrscht, und unter den jetzt lebenden Mathematikern aller Länder wüssten wir, was die Mannigfaltigkeit der von Ihnen durchforschten Gebiete anbetrifft, nur Wenige Ihnen an die Seite zu stellen.

Möge nun Ihr Wirken im akademischen Lehramte, das bereits über mehrere Doppelsechse von Jahren sich erstreckt, noch auf lange hinaus Ihren Schülern, denen Sie unerschöpflich neue Quellen des

[1]) Diese Eingangsworte waren in Sanskrit geschrieben (von *Schweizer-Sidler*).

Studiums eröffnen, so wie Ihnen selbst, zur Freude und zum Genuss gereichen. Möge es Ihnen vergönnt sein, Ihren so zahlreichen und so werthvollen Abhandlungen, von denen jede, wenn auch jede innerhalb einer anderen Begrenzung, ein in den kleinsten Theilen ähnliches Bild Ihres Geistes darbietet, in jugendfrischer Schöpferkraft noch manche ebenbürtige Nachfolger zu geben.

Wir wissen, dass die Arbeit Ihres Lebens nicht der Rücksicht auf jetzige oder spätere Anerkennung, sondern vielmehr einem inneren unbezwinglichen, unaufhörlichen Drange nach Erkenntniss seinen Ursprung verdankt, einem Drange, der Sie weit über das Gebiet der Mathematik und ihrer direkten Anwendungen hinaus in das Reich der beschreibenden Naturwissenschaft, sowie in die vielgestaltigen Bezirke der Sprachforschung geführt hat. Und so erlauben Sie uns denn, unsern Glückwunsch mit dem Ausblick auf die Unzerstörbarkeit dieses Strebens nach Wahrheit zu beschliessen.

Man erzählt von *Gauss,* in dessen zahlentheoretischen, algebraischen und geometrischen Schriften Sie so vielfachen Anstoss zu eigenen scharfsinnigen Untersuchungen fanden, dass er sich gewisse Probleme hier zur Seite gelegt habe, die er in einem höhern Zustande später geometrisch zu behandeln dachte. Uns scheint, dass wenn dereinst die Funktion Ihres Lebens an die Kluft getragen wird — (möge sie recht weit vom Ursprung abliegen) — über welche hinaus sie nicht mehr in einer Mannigfaltigkeit von drei Dimensionen fortgesetzt werden kann, auch Ihnen noch Probleme höherer Ordnung aufbehalten bleiben.

Wir glauben aber, dass sie dem glücklichen Forscher in der Geometrie von n-Dimensionen bald in ihrer wahren Bedeutung anvertraut sein werden, selbst wenn *Jakob Steiner,* wie er es schon auf dieser Erde liebte, ihm den innern Zusammenhang derselben verdecken wollte.

Zürich, den 14. Januar 1884.

(Folgen die Unterschriften.)

Abgedruckt in No. 4 der «Schweizerischen Bauzeitung», vom 26. Januar 1884.

Zu seinem 75. Geburtstag schenkten ihm die Berner Fachkollegen und Schüler eine goldene Uhr, die ihm grosse Freude bereitete. Bei der hundertjährigen Gedächtnissfeier des Geometers *Nikolaus Iwano-*

witsch Lobatcheffsky wurde *Schläfli* gebeten als Ehrenmitglied in's Comite einzutreten.

Leider nahmen seine leiblichen Kräfte ab. An *Hugo Schiff* schreibt er: «Ihr Brief war mir wie Regen auf dürres Gras. Ich habe schon im Sommer 1891 nicht gelesen und Anfangs Herbst meine Entlassung eingegeben. Auf ärztlichen Rath habe ich das Massage gegen einen Rheumatismus angewendet und dadurch einen Bruch, den ich schon seit 30 Jahren habe, sehr vergrössert, so dass ich jetzt mit beiden Uebeln behaftet bin und wohl mit den Rheumatismen allein zufrieden wäre. Jetzt gerade bin ich sehr leidend, kann fast nicht mehr in der Stube herumgehen.» Sein Bruchleiden rührte von der Misshandlung durch einen betrunkenen Kerl her, der den in tiefen Gedanken dahin gehenden Gelehrten, der des Menschen nicht gewahr wurde, zu Boden geworfen hatte. Nichts desto weniger war er bis in's hohe Alter ein ausgezeichneter Fussgänger. In der Mitte der siebenziger Jahre gehörte eine Fahrt auf das 2193 m. hohe Stockhorn zu traditionellen Ausflügen, die der Mathematik-Professor mit seinen Schülern machte, und im Jahr 1877, als *Schläfli* bereits mehr als 63 Jahre alt war, lief er noch ohne Beschwerde mit Professor *Sidler* und mir vom Bad Schwefelberg über das Gurnigelbad zu Fuss nach Bern. Nach 1877 hat er keine Bergtouren mehr gemacht, aber viel spaziert ist er gleichwohl. Sein Entlassungsgesuch lautet: «Meine geistigen und leiblichen Kräfte sind «so geschwunden, dass ich meine Lehrthätigkeit beendigen muss. Bei «meinem Alter ist eine Herstellung der Gesundheit unwahrscheinlich; «sonst wollte ich mir das Recht Vorlesungen zu halten, von dem ich «in diesem ganzen Sommerhalbjahre keinen Gebrauch gemacht habe, «noch vorbehalten. Ich danke dem hohen Regierungsrath für die «fortwährende Unterstützung und das bewiesene Wohlwollen und bitte «für den Rest meines Lebens um eine Pension.» Der Regierungsrath versetzte ihn auf 1. Januar 1892 in den Ruhestand in allen Ehren und unter Verdankung der geleisteten Dienste und fixirte seine Pension auf 3000 Fr. jährlich. Wir entnehmen dem Schreiben der Regierung folgende Stelle:

«Wir benützen diesen Anlass, um Ihnen noch unsern wärmsten «Dank auszusprechen für die so vielfache ausgezeichnete Wirksamkeit «an unserer Hochschule und für die hohen Verdienste, die Sie sich «um die Wissenschaft, speziell die Mathematik, erworben haben. Möge

«es Ihnen noch recht lange vergönnt sein, bei guter Gesundheit die «wohlverdiente Ruhe des Alters zu geniessen.

Der Erziehungsdirektor in Vertretung:
Steiger.»

Auf Antrag der philosophischen Fakultät wurde er am 20. I. 1892 von der Regierung zum Professor honorarius ernannt, um noch die Möglichkeit zu haben, ihn in den Listen der Hochschullehrer fortzuführen.

Bei seinem 80. Geburtstag gratulirte ihm die philosophische Facultät:

Eine Deputation der philosophischen Fakultät der Hochschule, bestehend aus dem Dekan Professor Dr. *A. Rossel* und den Schülern *Schläfli's,* Professor Dr. *Graf* und Professor Dr. *G. Huber*, überreichte dem Jubilar eine von Hrn. Kalligraph *Eckert* auf der bernischen Staatskanzlei einfach, aber geschmackvoll verfertigte Gratulationsadresse, deren Wortlaut folgender ist:

«Hochgeehrter Herr Kollege!

Die philosophische Fakultät der Hochschule Bern, an welcher Sie während 45 Jahren mit grosser Auszeichnung als akademischer Lehrer gewirkt haben, beehrt sich hiemit, Ihnen, hochgeehrter Herr Kollege, zu Ihrem 80. Geburtstag die herzlichsten Glückwünsche darzubringen. Die Fakultät hat nicht vergessen, in welch hervorragender Weise Sie das Fach der mathematischen Wissenschaften an der Hochschule vertreten haben, und fühlt sich hochgeehrt, Sie noch zu den ihrigen zählen zu dürfen. Möge es Ihnen vergönnt sein, nach des Lebens harter Arbeit die wohlverdiente Ruhe, ohne von zu viel Schmerzen des Leibes beeinträchtigt zu sein, zu geniessen, und genehmigen Sie die Versicherung unserer vollkommensten Hochachtung!»

(Folgen die Unterschriften).

«Leider ist *Schläfli*, berichtet ein stadtbernisches Blatt, der dem Staat im ganzen 55 Jahre gedient hat, durch ein körperliches Leiden gezwungen, die meiste Zeit im Bette liegend zuzubringen, da die Schmerzen ihm nur gestatten, einige Stunden des Tages ausserhalb des Bettes sich aufzuhalten. Geistig ist er noch sehr frisch und munter; möge der Lebensabend des berühmten Gelehrten und treuen Lehrers ein von Schmerzen möglichst freier sein! Das ist unser aller Wunsch!»

Von Rom traf folgendes Telegramm ein: «Académie Lincei appréciant votre éminente valeur de géomètre vous envoie dans ce jour les souhaits les plus cordiaux. Président Brioschi.» L. Cremona Roma: «Auguri saluti cordiali all' illustre scienziato ottimo amico Luigi Cremona.» Von Göttingen: «Dem bernischen Altmeister der Mathematik sendet zu seinem 80. Geburtstage die besten Wünsche die Mathematische Gesellschaft Göttingen. *F. Klein.*»

Gratulationstelegramme liefen ein: Von der Akademie der Wissenschaften in Berlin, durch den Secretär der mathematischen Klasse, Hr. *Du Bois-Reymond,* und den Herren *Auwers, Frobenius, Helmholtz, Schwarz, Schwendener,* von Professor *G. Sidler,* der damals in Berlin weilte, aus Rom von den Herren *Cremona* und *Beltrami,* aus Florenz von *Hugo Schiff,* aus der Schweiz von seinen Schülern *Gubler,* Zürich; *Gysel,* Schaffhausen; *Meyer,* Zürich u. v. a.

Seine Kräfte eilten aber doch dem Verfall entgegen. Einen damals an *Hugo Schiff* angefangenen Brief konnte er nicht mehr vollenden, er musste seine letzte schriftliche Thätigkeit, die Uebersetzung des Rig-veda, aufgeben. In den wenigen Augenblicken, wo er des Tages sich von seinem Lager erhob, war die Lektüre der Neuen Zürcher Zeitung seine Beschäftigung. Dann schwand auch diese Zerstreuung. Etwa ein Jahr vor seinem Tode entstand in der Nähe seiner Wohnung ein grosser Brand, einen Moment konnte man auch für seine Wohnung an Gefahr denken. Als wir daselbst eintrafen und es uns gelang, seine treue, für ihn ängstliche Pflegerin zu beruhigen, kleideten wir, im Fall man sich vor dem Brande flüchten müsste, den Gelehrten an und setzten ihn in seinen Stuhl, wo er mitten in Gefahr und Unruhe mit mir ein Integral aus den Bessel'schen Funktionen erörterte. Gewiss ein Beweis seiner klassischen Seelenruhe. Die Athemnoth und die Wassersucht nahmen aber doch zu, und am 17. März wurde er von einer Lungenentzündung ergriffen. Sein Zustand schien uns am Abend des 19. März hoffnungslos, denn er erkannte uns nicht mehr, und so schied er am 20. März Morgens 3 Uhr von uns. Er wurde am 23. März begraben. Das Leichengebet hielt Herr Pfarrer *Thellung,* der Sohn seines noch lebenden Freundes aus seinem Thuner-Aufenthalt. Die Behörden, Professoren und Studenten, seine Freunde, Schüler und Anverwandten gaben ihm das letzte Geleite zum Bremgarten-Friedhof. Wir lesen im «Bund»: [1])

[1]) Bund vom 25. III. 1895.

Die Wissenschaft ist interkantonal und international! Das zeigte sich Samstags wieder bei der Beerdigung des verstorbenen Professors *Schläfli*. Aus der Schweiz waren eine stattliche Anzahl der ehemaligen Schüler persönlich erschienen, aus dem Auslande liefen Kondolenztelegramme ein, so z. B. aus Rom von Professor *Beltrami*.

Aus dem Trauergeleite wollen wir wenigstens einige Namen nennen: Professor *Geiser*, Direktor des Polytechnikums in Zürich, Dr. Gubler (Zürich), Dr. *Gysel*, Direktor des Gymnasiums in Schaffhausen, Dr. *Bigler* (Aarau), Dr. *Bützberger* (Burgdorf), alles ehemalige Schüler. Der bernische Schülerkreis war selbstverständlich nahezu vollzählig erschienen, ferner Professor *Rudio* (Zürich), Professor *Meyer* (Zürich).

Die von Professor Dr. *Graf* in Bern dem grossen Lehrer und Kollegen nachgerufenen Grabesworte lauten:

«Geehrte Trauerversammlung! Es sei mir gestattet, am Grabe, in welches die sterblichen Reste des hochverehrten Herrn Professor Dr. *Ludwig Schläfli* versenkt werden, im Namen der Hochschule, seiner Kollegen, der Studentenschaft und seiner Schüler von nah und fern, das tiefgefühlte Beileid auszudrücken. Die Hochschule Bern, die es sich zur Ehre anrechnete, den grossen Verstorbenen, der seit 1847 bis 1892, also volle 45 Jahre lang dem Lehrkörper angehörte, auf der Liste der Professoren und Dozenten fortzuführen, erleidet in *Schläfli* einen herben Verlust, den erst eine spätere Generation noch recht nachfühlen wird. Mit *Schläfli* sinkt eine Leuchte der mathematischen Wissenschaften, ein Gelehrter ersten Ranges, ein wahres Genie in's Grab. Als ihm vor 32 Jahren die Hochschule den Doktortitel honoris causa verlieh, that sie dies in Anbetracht seiner staunenswerthen und umfangreichen Gelehrsamkeit, welche die verschiedensten Wissenschaften, deren Beherrschung durch einen einzigen Mann kaum möglich zu sein scheint, mit derselben Gründlichkeit umfasste. Mathematik, Naturkunde, Theologie, alte und neue Sprachen bewältigte er mit seltener Sicherheit und durch seinen Scharfsinn und seine Belesenheit, durch seine hervorragenden Publikationen, mehr als sechzig an der Zahl, hat er besonders die Mathematik nicht nur bei uns, sondern auch im Ausland zu hoher Anerkennung gebracht. Seine Schriften sind für gewisse Zweige der Mathematik von fundamentaler Bedeutung, sein Name ist für immer mit einzelnen Funktionen verknüpft, sein Wirken bahnbrechend für gewisse mathematische Auffassungen.

Er beherrschte die Sprachen in seltenem Maasse, schrieb er doch mit derselben Leichtigkeit italienische, englische und französische

Abhandlungen. Die Vertiefung in die orientalischen Sprachen war für ihn eine Erholung, sein letztes Studium galt dem Persischen, der Keilschrift und dem Hebräischen. In den Naturwissenschaften, ganz besonders in der Botanik, excellirte er durch hervorragende Kenntnisse. Ihm wurden vom Ausland Ehrungen zu Theil, wie wohl keinem seiner schweizerischen Zeitgenossen. Die königliche Akademie der Wissenschaften in Berlin, diejenige zu Göttingen, die Reale Accademia dei Lincei in Rom, die königliche Akademie in Bologna betrauern in ihm den Verlust eines hervorragenden Mitgliedes.

Und was war er als Mensch! So unscheinbar und bescheiden im Auftreten, eine wahre Gelehrtennatur, nur glücklich in der Stille des Studierzimmers. Wer sein Schüler sein durfte, weiss, welche Aufopferung und Hingebung, gepaart mit Herzensgüte, in diesem Manne wohnten. Sein gerader und offener Charakter verabscheute jede Ungerechtigkeit, am Vaterlande hing er treu, ihm wollte er dienen, darum allein schlug er die ehrenvolle Berufung in fremde Lande aus. Ueber sein Leben lässt sich das Motto setzen, das in der Gratulationsschrift zu seinem siebenzigsten Geburtstage in Sanskrit geschrieben steht: Die Wissenschaft ist des Mannes schönste Schönheit, ein tief geborgener Schatz. Man darf wohl sagen, seit des unvergleichlichen *Leonhard Euler's* Tode hat kein Schweizer wie er das mathematische Wissen beherrscht und unter den zeitgenössischen Mathematikern kann man ihm nur Wenige, was die Mannigfaltigkeit der durchforschten Gebiete anbetrifft, an die Seite stellen. Auch im Vaterlande blieb ihm schliesslich die Anerkennung nicht aus. Die Fürsorge der Regierung gestaltete seinen Lebensabend, was das Aeussere anbetrifft, zu einem sorgenfreien. Zunehmende Gebrechlichkeit und körperliche Leiden bildeten leider eine nicht angenehme Zugabe, doch alles ertrug er mit Geduld und stoischer Fassung. So scheidet er denn von uns als Gelehrter hochgewürdigt, als Lehrer und Mensch hoch geachtet. Von seinem Arbeitszimmer, das auch sein Sterbezimmer wurde, blickte er oft hinüber in den Monbijou-Friedhof; dort ist ein einfacher Grabstein, der zeigt uns die Stätte an, wo sein um 18 Jahre älterer Fachgenosse, der andere grosse Berner Mathematiker *Jakob Steiner* ruht, dessen sterbliche Reste auch in diesen Friedhof übergeführt werden sollen.

Bern halte Deine grossen Todten in Ehren! So leb denn wohl, treuer Lehrer und Freund, die Wissenschaft, das Vaterland trauert an Deinem Grab, der Geist, den Deine Werke ausstrahlen, Dein ganzes

Wesen, Dein Leben voll Arbeit und Forschung, mögen uns Dein Bild immer wieder vor Augen stellen. Leb wohl!»

Durch testamentarische Verfügung wurde seine Haushälterin Frl. *Margaretha Spichtin,* welche seit 19 Jahren mit grosser Treue seinem Haushalt vorgestanden und welche ihn während seiner mehrere Jahre andauernden Leiden mit grosser Geduld gepflegt hatte, zur Erbin seines bescheidenen Vermögens eingesetzt. Frl. *Spichtin* schenkte die Bibliothek und sämmtliche Manuscripte des verstorbenen Gelehrten der am 1. Mai 1895 in Bern eröffneten Schweizerischen Landesbibliothek mit der Bestimmung, dass alle Nicht-Helvetica der Hochschul-Bibliothek und der Bibliothek der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, welcher *Schläfli* seit 1. December 1840 angehört hat, abgegeben werden sollen.

Steiner ist im Monbijou-Friedhofe, der demnächst zum Theil überbaut werden soll, begraben. Ein *Steiner-Schläfli*-Comité, bestehend aus den Herren Professor Dr. *J. H. Graf* als Präsident, Professor Dr. *G. Sidler*, Professor Dr. *G. Huber*, Professor Dr. *E. Ott*, Dr. *Ch. Moser*, Docent, Dr. *F. Bützberger*, Lehrer am Technikum in Burgdorf, Professor Dr. *C. F. Geiser* in Zürich, Professor Dr. *H. Kinkelin* in Basel und Professor Dr. *Hugo Schiff* in Florenz, hat sich gebildet, mit dem bestimmten Zwecke, die Ueberreste *Steiner's* auf den 18. März 1896, den hundertjährigen Geburtstag dieses grossen Gelehrten, zu exhumiren und *Schläfli* ein Grabmal zu setzen. Die Hauptaufgabe sah das Comité aber darin, die Grabstätten der beiden grossen Gelehrten für immer zu sichern. Die Behörden der Stadt Bern sind denn auch dem Comité bereitwilligst entgegen gekommen. Durch Schreiben vom 15. August 1895 gewährt der Gemeinderath der Stadt Bern unentgeltlich eine Grabstätte zur Beisetzung der Asche *Steiner's* und koncessionirte durch Schreiben vom 21. August gegen eine mässige Gebühr die Ruhestätte *Schläfli's*. Man hat sich desshalb an alle Freunde, Verehrer und Schüler in der Schweiz gewandt, um die Unkosten zu decken, und über die ganze Angelegenheit wird das Comité seinerzeit Rechenschaft ablegen.

Volle 55 Jahre ist *Schläfli* im Dienst des mittlern und höhern Schulwesens des Kantons Bern gestanden, davon hat er allein während 45 Jahren an der Hochschule unterrichtet. Ueber diese seine Wirksamkeit verweisen wir auf die Beilage zu dieser Biographie, welche nicht nur genau angiebt, welche Vorlesungen *Schläfli* gehalten hat,

sondern auch den mathematischen Unterricht an der Hochschule für ca. 50 Jahre zu illustriren im Stande ist. *Schläfli* unterrichtete gern; hatte er bloss Landeskinder vor sich, so geschah es in «urchigem Berndeutsch», waren aber Landesfremde unter seinen Studenten, so bediente er sich des Schriftdeutschen, das er natürlich ganz gut handhabte. Bis in sein Alter bewegte er sich mit jugendlicher Behendigkeit an der Wandtafel, und da er von kleiner Statur war, so musste er sich oft des Stuhles bedienen um mächtige Ausdrücke von Formeln auf der Tafel unterzubringen. Im Kopf rechnete er mit fabelhafter Leichtigkeit und nach seinem eigenen Geständniss arbeitete er jedes Kolleg, wenn er es zum zweiten oder dritten Male hielt, neu um. In einem Brief an *Hugo Schiff* äusserte er sich folgendermaassen:

«Was die rein wissenschaftliche Thätigkeit anbetrifft, so steht «ihr die allgemeine Ermüdung des Geistes, daher die Häufigkeit logi- «scher Irrthümer und Schwerfälligkeit des Herauswindens aus wirklichen «oder vermeintlichen Widersprüchen entgegen. Ich bin über pflicht- «mässige Unterrichtsthätigkeit äusserst froh und bemühe mich, meine «mathematische Hartknochigkeit und Routine auf andere zu übertragen. «Ich trachte immer im Unterricht so frisch und unmittelbar als möglich «zu sein und, wenn es mir gelingt in dieser Thätigkeit mich aufzu- «brauchen, so will ich mich für glücklich halten.»

Diesen Eindruck hatte man auch von seiner Persönlichkeit und seiner Lehrweise; voll Eifer und Hingebung an den Stoff, voll Aufopferung für seine Schüler, das charakterisirte seine Thätigkeit als Hochschullehrer. Auf jede Frage war er bereit Auskunft zu geben, wenn nicht sofort, dann nach Ueberlegung. Das beweist auch sein immenser Briefwechsel mit seinen Schülern und Collegen.

Die *Korrespondenz Schläfli's* kann hier Raumes halber nur in Bruchstücken angegeben werden. Von vorne herein reserviren wir uns, diejenige zwischen *Steiner* und *Schläfli* extra zu behandeln; auch einzelnes der übrigen Korrespondenten wird noch, so weit es für die Fortentwicklung der Mathematik Interesse hat, einer besonderen Beachtung unterzogen werden. Wir bemerken zum Verständniss der nachfolgenden Angaben, dass die beigesetzten Zahlen die Jahre angeben, innerhalb welcher sich ungefähr der Briefwechsel vollzog.

Aeschlimann, U. (1877.) System der orthogonalen Flächen.

Affolter, Fr. G. (1872—1874.) Betrifft die Privatstudien und seinen Aufenthalt in Pisa. Verschiedene geometrische Probleme, welche gleichzeitig *Darboux* in seiner Geometrie publizirte.

Albrecht, Karl, Lehrer, Brugg. (1866—72) Lösung von Gleichungen.

Battaglini, Guiseppe. Università di Napoli. (1891.)

Baur, J. (1880.) Vorlesungen und Besuch derselben.

Beck, Alex. in *Riga.* (1874—1893.) Persönliche Verhältnisse.

Becker, J. C. in Feuerthalen bei Schaffhausen (1872). Betrifft den Streitfall *Schläflis* mit demselben. *Schläfli* hatte in den Berichten des Reale Istituto Lombardo (Vol. V. fasc. V.) eine Abhandlung veröffentlicht: «Ueber den Nexus zwischen Analysis und der geometrischen Anschauung», zu welcher ihm die Abhandlungen *Becker's:* «Abhandlungen aus dem Grenzgebiete der Mathematik und Philosophie, Zürich 1870», veranlasst hatten. *Becker's* Haupttendenz gieng dahin, die Berechtigung der unmittelbaren Anschauung als wissenschaftlich zulässige Erkenntnissquelle darzustellen, d. h. die Berechtigung einer Berufung auf die unmittelbare Anschauung als Erkenntnissgrund für wissenschaftliche Behauptungen philosophisch zu begründen. *Schläfli* fasste dies als ein Perhorresciren der analytischen Methoden bei geometrischen Untersuchungen auf.

In den Papieren findet sich ein Aufsatz *Becker's*: «Ueber das Vermächtniss von *Riemann* zu *Kant*».

Beltrami, Eugenio, Professor in Rom. (1871—1895.)

Bertini, E., Professor in Pavia. (1889—1891.)

Bigler, U., Lehrer der Mathematik, Aarau. (1886—1891.) Ueber dessen enormen Briefwechsel mit *Schläfli* enthalten wir uns des Urtheils.

Blaserna, Pietro. (1887—1889.) Secretär der Accademia dei Lincei.

Both, Samuel, Schüssburg. (1885.) Gammafunctionen.

Borchardt, C. W.[1]) (1856—1880). Die Correspondenz beschlägt den Druck der *Schläfli'schen* Arbeit: «Ueber die Geometrie von n-Dimensionen», welche der ältere Reimer in Verlag nehmen wollte, da sie für das *Crelle'sche* Journal zu umfangreich war; dieser Druck unterblieb, wie denn *Schläfli* sich nicht dazu verstehen konnte ein mathematisches Gebiet in Buchform zu behandeln. Eine Stelle eines Briefes vom 26. Dezember 1865 lautet: «Sie erinnern sich, dass Band 43, «in dem Ihr erster combinatorischer Aufsatz steht, noch von dem «seligen *Crelle* redigirt worden ist. Er möge dem höhern Tribunal, «dem er jetzt verantwortlich sein mag, Rede stehen für die Ent«stellungen Ihrer Arbeit, die er sich hat zu Schulden kommen lassen;

[1]) Gestorben 27. VI. 1880 auf dem Rittergute Rüdersdorf bei Berlin.

«ich freue mich sehr, dass ich mich jenseits nicht wegen solcher «Sünden werde verantworten müssen!»

Am 10. August 1872 wollte *Borchardt Schläfli* mit *Weierstrass* besuchen, traf ihn aber nicht.

Borchardt lud ihn oft ein, Berlin einen Besuch abzustatten: (15. März 1873.)

«Sie sind Berlin einen Besuch eigentlich schuldig, da Sie schon «im Jahr 1843 nach Berlin kommen wollten und nur durch *Steiner* «daran verhindert worden.»

Der Besuch in Berlin, im April 1876, verursachte einen ziemlich intensiven Briefwechsel; *Schläfli* wohnte auch einer Sitzung der Akademie bei. *Borchardt* selbst kam jedes Jahr nach Thun, wo sich *Schläfli* öfters bei ihm einfand. —

Wir führen hier den Brief *Schläfli's* an *Borchardt* an (vom 16. März 1876), dessen Concept vorliegt:

«Ich hatte strebsame und fleissige Zuhörer und wandte vielen «Fleiss auf meine Vorlesungen, in dem Sinne wie Sie schon aus münd- «lichen Mittheilungen wissen. Eine Vorlesung trieb mich auf's Neue «an, über die Convergenz der Reihe $\Sigma A \overset{a}{J}(\beta x)$, $[\overset{a}{J}(\beta) = 0,\ \beta > 0]$, x positiv «in's Klare zu kommen, womit ich mich früher schon vergeblich ab- «gemüht hatte; ich suchte Rath bei einer aus *Hankel's* Nachlass in den «Math. Annalen veröffentlichten Abhandlung; aber die Lösung des «Knotens, die ich hier fand, erschien mir zu künstlich und zu meinem «Trost fand ich, dass die Sache lange nicht so schwierig ist, wie ich «meinte. Weil nun die gefundene Lösung auf die Annalen Bezug hatte «und weil ich gegen *Neumann* die lange unterlassene Empfangsanzeige «für geschenkte Bücher abzubüssen hatte, so schickte ich ihm die «wenigen Federstriche, welche die Lösung enthielten zu.

«Was sagen Sie zu der Sammlung von Originalberichten der «Verfasser mathematischer Abhandlungen, welche *Königsberger* und «*Zeuner* herausgeben wollen? Die Sache ist bereits stark in der «Uebung, insofern als viele Verfasser ihren Arbeiten eine Inhaltsanzeige «voran schicken. Aber das noch extra in einer besondern Zeitschrift «zu thun, scheint mir, sollte für viele Arbeiter unangenehm sein. Man «kommt sogar nicht aus der Subjectivität heraus. Wenn dagegen ein «anderer meine Arbeit kritisirt, so habe ich doch die Genugthuung «zu wissen, dass sie jemand gelesen hat.» —

Darauf antwortete ihm *Borchardt* (21. März 1876): «Das *Königs-* «*berger-Zeuner'sche* Unternehmen bildet eine Concurrenz der «Fortschritte

«der Mathematik» von *Ohrtmann* und *Müller*. Ich behalte mir mein «Urtheil über diesen Versuch noch bis dahin vor, wo bereits eine «Reihe von Heften dieses Bulletins Auskunft über den darin herrschenden «Geist gegeben haben werden.

«Da die Unternehmer nicht darauf rechnen können, von allen «mathematischen Autoren Anzeigen zu erhalten, so ist es schwer ver- «ständlich, auf welche Weise sie die durch mangelnde Original- «Anzeigen entstehenden Lücken ausfüllen wollen. Dass Original-Anzeigen «von grossem Interesse sind, besonders wenn sie in dem sachlichen «Styl geschrieben sind, in welchem *Gauss* seine Abhandlungen in den «Göttinger Anzeigen besprach, ist unfraglich. Aber wo findet sich in «der heutigen Generation die dazu nöthige *Gauss'sche* Tiefe und Reife?»

Brändli, H. (1872) Lehrer der Mathematik, zuerst in Burgdorf, dann in Zürich. Longimetrische Functionen.

Bützberger, F., Lehrer am Technikum Burgdorf. (1887—1895.) Geometrisches und Persönliches.

Casorati, F., Professor in Mailand etc. *Schläfli* war mit der ganzen Familie sehr befreundet, besuchte dieselbe mehrmals in ihrem Sommeraufenthalt in Molvedo, Rezzonico am Comersee. Der Briefwechsel beschlägt das *Dirichlet'*sche Princip, die *Schwarz'*schen Minimalflächen, *Gauss'*sche Gewebelehre, Differentialgleichungen etc. und dauert von den sechziger Jahren bis zum Tode *Felice Casorati's* 1891.

Cassani, Pietro. Venezia. (1872.)

Cayley, Arthur. Cambridge. (1856—1871.) Flächen 3. Ordnung und die 27 darauf sich findenden Geraden und andere Arbeiten.

Chelini, Domenico della Scuola Pie. (1844—1845.) Druck der Uebersetzung *Schläfli's* von *Steiner's* «Sul baricentro di curvatura» Giornale arcadico 1845.

Cremona, Luigi, Professor an der *R. Scuola* degli *ingegnere*, jetzt in Rom. Flächen 3. Grades, Zusammenhang nach *Riemann*.

Dufour, G. H. (1851.) Ueber Pendelbeobachtungen.

Enneström, G. (1885.) Abhandlung in den «Acta mathematica».

Fankhauser, F., Pfarrer in Signau. (1861.) Schulkamerad von *L. Schläfli*.

Fiedler, W. (1882.) Geometrie.

Frölich, Oscar. (1865—1871.) Physikalische Gegenstände. Unterricht an der Hochschule Königsberg.

Froté, Eugène, Ingénieur, St. Imier. (1856—1860.) Schüler von *Schläfli*, der erste der bei *Schläfli* ein Fachexamen (nicht Doctorat) gemacht hat.

Geiser, C. F. (1874—1895.) Persönliches.

Graefe, F., jetzt Professor in Darmstadt. (1881.)

Grosmann, K. Stuttgart. (1868—1876.) Auflösung der Gleichung 5. Grades, *Dirichlet's* Princip, Diskussion mit *S. Gundelfinger.*

Gubler, E., Docent, Zürich. Ueber die verschiedensten Gegenstände der höheren Mathematik, meistens im Anschluss an dessen Studien bei *Schläfli* in Bern.

Gundelfinger, S. (1869—1871.)

Gruner, P., jetzt Gymnasiallehrer und Docent in Bern. (1889 bis 1891.) Seine Studien.

Gysel, Julius. Gymnasialdirektor in Schaffhausen. (1874—1894.) Persönliches.

Heller, F. Grossrath in Bern. (1872.) Fortbildung in der Mathematik.

Hermite, Charles. (1882—1891.) Wir geben folgenden Brief wieder: «Permettez-moi de vous informer que la section de géometrie «de l'Académie des Sciences a pris la décision de vous offrir un exem- «plaire des Œuvres de Cauchy en témoignage de ses sentiments de «haute estime pour vos travaux. Le premier volume contenant le «mémoire sur la théorie des ondes et le mémoire sur les integrales «définies vous sera prochainement envoyé ainsi que la notification «officielle du secrétaire perpétuel, au nom de l'Académie. C'est en «joignant à l'hommage de mes confrères l'expression d'une profonde «et bien sincère sympathie, que je vous prie Monsieur, de recevoir «l'assurance de ma plus haute considération.»

Paris, 21 Mars 1882. *Ch. Hermite.*

Hilfiker, J., ehemals Assistent am Observatorium in Neuenburg. (1882—1892.) Astronomisches.

Hölder, Otto. (1882.)

Huber, G., a. o. Professor der Mathematik, Bern. (1882—1895.) Ueber Cassinische Curven.

Hunziker, E. F., Pfarrer in Thun. (1849.) Schulkamerad.

Jonquière, Alfred. (1889—1891.) Schüler von *Schläfli.* Seine Studien.

Juwalta, W. v., Schloss Ortenstein. (1873.) Wegen seinen bündnerischen Forschungen.

Kœgi, A., Prof. Dr., in Zürich, (1883—1892.) Rigveda.

Kocher, R. F. (1864.)

Königsberger, Leo. (1876.) Betrifft das Repertorium.

Klein, F., Göttingen. (1872—1876.) Damals in Erlangen und München. Der sehr eingehende Briefwechsel betrifft Fragen des Zusammenhanges der Flächen und das Verhältniss der *Analysis situs Riemann's* zur projectivischen Geometrie.

Kuhn, E. F., Pfarrer. (1887.) Schulkamerad von *Schläfli*. Liebhaber der Mathematik.

Lampe, E. Berlin. (1873.) Aufsatz in *Darboux's* «Bulletin des sciences mathématiques» über orthogonale Flächensysteme.

Langhans, F., ehemals Professor in Bern. (1875.) Philosophisches.

Lenz, G., Pfarrer, Rapperswyl. (1873.) Liebhaber der Mathematik.

Linde, Is. Schüler *Schläfli's*. (1887—1888.) Integration.

Litwinoff, Elisab. v. Schülerin *Schläfli's*. (1874—1884.) Ueber Abbildungsaufgaben.

Meyer, Arnold, Zürich. (1871—1895.) Persönliches.

Meyer, Paul, Golden, State of Colorado U. S. A. (1888—1889.) *Dirichlet*'sches Princip.

Metzdorff, Direktor in Proskau, ehemals Professor an der Thierarzneischule in Bern. (25. August 1876.) Persönliches.

Moser, Ch., Bern. (1886—1895.) Schüler *Schläfli's*. Synthet. Geometrie. Sein Pariser Aufenthalt.

Mossbrugger, Leop., Aarau. (1865.)

Neumann C., (1868—1876), der ihn um die Mitarbeiterschaft an den Mathematischen Annalen bat und mit ihm correspondirte über die Aufnahme der in Band III der Mathematischen Annalen gedruckten Arbeiten über *Bessel*'sche Functionen und die hypergeometrische Reihe.

Padova, Ernesto, Livorno. (1871—1873.)

Papon, A., Lehrer. (1876.) Persönliches.

Prisi, Jakob, Sekundarlehrer, Grosshöchstetten und Lyss. (1866 bis 1878.) Unglücklicher Schüler *Schläfli's*.

Ratzel, F. (1889.) Ueber den Forschungsreisenden Dr. *F. Schläfli*.

Rebstein, J. (1871—1873.) Bestimmung von Beobachtungsfehlern.

Ribi, David (1881), ehemals Gymnasiallehrer in Bern. Gammafunctionen.

Ris, F., Vater, Prof. der Philosophie in Bern.
Ris, F., Dr. med., Sohn, Arzt in Thun. } langjährige Freunde *Schläfli's*.

Rhiner, Jos., Schwyz. (1860.) Neue Pflanzenarten im Berner Oberland.

Rode, Ludwig, Bekannter von Thun her, Lehrer in Peterlingen, Thun, Neuenstadt, Rolle und Montreux. 1884 in Ruhestand. (1863 bis 1891.)

Ruefli, J., Lehrer der Mathematik an der Mädchensekundarschule Bern. (1883—188?.) Astronomisches: Dauer von Sonn- und Mondfinsternissen.

Schiff, Hugo, ehemals Docent der Chemie in Bern, jetzt Professor am Istituto di studi superiori in Florenz, kam Ende Juli 1857 nach Bern, hat damals *Schläfli* gleich im Café Gräf getroffen. *Schläfli* correspondirte auch mit Frau *Elisa Schiff*, der Gemahlin von *Moritz Schiff* in Genf, mit *Robert Schiff*, damals in Zürich studirend. Mit der ganzen Familie *Schiff* war *Schläfli* durch intime Freundschaft verbunden.

Schorer-Haas, Alex., Geometer. (1866—1871.) Gestorben Ende März 1895 in Drouin (Australien). Integrationen.

Schmalz, J. J., Geometer, Büren. (1848—1891.) Schulkamerad und Freund von *L. Schläfli*. Liebhaber der Astronomie; siehe Wolf, Notizen zur Kulturgeschichte der Schweiz, Nr. 458.

Schmied, Joh., Pfarrer, Muttenz. (1862.) Kegelschnitte und Gleichungen.

Schönholzer, J. J., a. o. Professor der Mathematik in Bern. (1874 bis 1877.) Seine Programmarbeit für die Kantonsschule Bern.

Schwarz, H. A. (1872—1880.) Empfehlung der Frau *E. Litwinoff*. Beweis des Hrn. Genocchi (Atti di Tornio IV, 1869, p. 327 bis 331.) Fragen der Abbildung.

Schweizer-Sidler, H. (1862—1883.) Sanskrit.

Spring, J., Stefflsburg. (1850.) «Wasserschmecken».

Stern, M. A. und *Stern, Alf.* (1884—1891.) Persönliches und Mathematisches.

Sylow, L., Fredrickshald. (1882.)

Tardy, P., Professor in Genua. (1865—1877.) Dessen Arbeiten.

Veltmann, W. (1879—1881), ehemals Lehrer der Mathematik zu Remagen, Preussen.

Vollenweider. C., Direktor des Technikums Burgdorf. (1885 bis 1891.) Kollegienbesuch.

Weiler, A. (1884.) Persönliches.

Weber, H. (1891.) Persönliches.

Winkler, Jakob, Kopfrechner. (1852.)

Willmann, A. (1877.) Etymologisches. Schulkamerad von *Schläfli*.

Wolf, Rudolf. (1850—1893.) Persönliche Verhältnisse und Aufnahme von Arbeiten in die Zürcher Vierteljahrsschrift.

Zeuthen, H. G. (1882.)

Beim Tode *L. Schläfli's* sind eine grosse Zahl von Nekrologen erschienen, so im «Bund» 1895 Nr. 80 22. März 2. Blatt, im «Berner Tagblatt» Nr. 69 1895 22. März, im «Berner Schulblatt», in der «Allgemeinen Schweizerzeitung» Nr. 71 2. Blatt 24. März, alle vom Verfasser dieser Schrift, sodann im «Intelligenzblatt» 1895 Nr. 70 23. März und in der Leipziger «Illustrirten Zeitung» vom 13. April 1895 mit dem wohlgetroffenen Bild des Verewigten, das wir hier an der Spitze dieser Schrift uns zu reproduziren erlaubt haben, beide Artikel sind von Hrn. Dr. *Ch. Moser,* Docent und Mathematiker des Eidgen. Landwirthschafts- und Industrie-Departements, das Bild ist reproduzirt nach einer Photographie des Hrn. Weidmann, Secretär im gleichen Departement. In der Beilage «Berg und Thal» zur Schweizerchronik erschien (siehe Nr. 18 4 V. 1895) eine biographische Skizze Schläfli's (ebenfalls von J. H. Graf verfasst), der ein wohlgelungenes Bild beigegeben war, das eine frühere, ca. 1884 von Photograph Vollenweider verfertigte Photographie wiedergibt. An der Spitze des Blattes stand folgendes Sonett von A. C.:

† Professor Dr. Ludwig Schläfli in Bern.

Die Feierstunde schlug dem Lebensmüden,
So ist nach heissem Tag der Greis entschlafen,
Um zu gelangen in der Ruhe Hafen,
Zu jenem Ziel, das allen ja beschieden.

Und sind's der Lebenstage viel hienieden,
Verbracht in treuem Wollen — regem Schaffen,
So sind vergessen nicht die Tapfern, Braven,
Es lebt ihr Werk — ob sie auch ruh'n im Frieden.

Es lebt ihr Werk und es wird weiter leben;
Denn was gewirket edler Menschen Streben,
Das kann nicht flüchtig, wie sie selbst, entschwinden.

Entschwinden? Nein, Gott wird sie neu entzünden
Die Geister, die gesäet der Zukunft Saaten,
Und ihre Zeit geweiht mit edlen Thaten.

Endlich darf ich nicht unerwähnt lassen, dass *F. Brioschi,* Präsident der Reale Accademia dei Lincei, dem Verstorbenen am 7. April 1895 folgenden Nachruf[1]) gehalten hat, der sich im Vol. IV, 1° Sem. Serie 5ª Rendiconti abgedruckt findet:

[1]) Einige fehlerhafte Jahreszahlen wird der Leser wohl gütigst selbst corrigiren und ihr Vorkommen Hrn. *Brioschi* gegenüber entschuldigen.

«Ho di nuovo il doloroso compito di annunziare all'Accademia la perdita di un Socio straniero nella Sezione delle Matematiche.

«Il chiaro Geometra Lodovico Schläfli moriva in Berna la mattina del dì venti dello scorso marzo. Il professori, gli scolari di quella Università, la cittadinanza tutta, tributarono alla memoria di lui i maggiori onori, rimeritando così la feconda opera sua di insegnante, e di scienziato.

«Nato il 15 gennaio 1814 a Grasswyl, piccolo comune del Cantone di Berna, dalla sua prima giovinezza Schläfli diede singolari prove di attitudine alle scienze matematiche ed alle filologiche. Fondata nell'anno 1834 l'Università di Berna, appartenne alla facoltà Teologica fino al 1838, nel quale anno fu ordinato pastore. Ma contemporaneamente egli continuava da sè lo studio delle matematiche superiori, ed abbandonato l'ufficio di pastore, accettò di insegnare matematica e scienze naturali nel proginnasio di Thun, ove rimase fino al 1847. In questo anno si abilitò come privato docente nell'Università di Berna, nel 1852 vi fu nominato professore straordinario e nel 1872 promosso ad ordinario. Nel 1891, all'età di 77 anni, già da qualche tempo sofferente di salute, chiese il riposo.

«Lo Schläfli accoppiava ad una vasta coltura matematica, le cognizioni di un filologo e di un botanico. Poteva scrivere correttamente in tedesco, in italiano, in francese ed inglese, come lo dimonstrano i suoi lavori matematici.

«Fu più volte in Italia ospite costante di un nostro compianto carissimo collega il Casorati; ed aveva fra noi amici, ed ammiratori della sua lucida mente e delle sue modeste abitudini. Ma il suo primo viaggio nel nostro paese, nel 1847, merita speciale menzione, essendo venuto in Roma in compagnia di Jacobi, di Dirichlet, e di Borchardt.

«I primi lavori dello Schläfli rimontano agli anni 1846, 1847; appartengono alla geometria differenziale, e furono pubblicati in un periodico di Berna. Ma il lovoro che acquistò ben presto a lui fama di insigne matematico, si è quello sulla eliminazione, o sopra il risultante di un sistema di equazioni algebriche, publicato nel 1851 negli Atti dell'Accademia di Vienna. Rileggendo ancora negli scorsi giorni quella importante memoria, parmi poter affermare che già nella medesima si rinvengono le qualità predominanti in tutta l'opera dello Schläfli, e cioè, dapprima conoscenza profonda, completa, dei lavori altrui sull'argomento, poi tendenza e facilita nel generalizzare i risultati, perspicacia somma nell'esaminare i problemi sotto i vari loro aspetti.

«Tutti i periodici matematici di Europa, i giornali di Crelle e di Liouville, il Quarterly Journal, i Mathematische Annalen, gli Annali di Matematica, contengono memorie dello Schläfli, e inoltre i Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, e le Philosophical Transactions della Società Reale di Londra.

«Agli Annali di Matematica egli dedicò importanti suoi lavori sopra svariati argomenti. Non è mio intendimento di addentrarmi in un esame dei medesimi, come degli altri pubblicati altrove; ma oggi ancora rammento la grata impressione nel leggere (1868) la memoria «*Sulle relazioni tra diversi integrali definiti che giovano ad esprimere «la soluzione generale della equazione di Riccati*» l'altra che ha per titolo — *Sugli spazi di curvatura costante — Nota ad una memoria del prof. Beltrami* (1871) infine quella — *Sopra un teorema di Jacobi recato a forma più generale ed applicato alla funzione cilindrica* (1871). Quest' ultimo lavoro è connesso agli altri di molto valore sulle funzioni di Bessel e di Heine, pubblicati in alcuno degli indicati periodici.

«Schläfli non ebbe altro pensiero, altro amore nella sua vita, che per la scienza e per l'insegnamento. Uno dei suoi scolari srivevami giorni sono: «Questi (gli scolari), che erano la sua famiglia, «possono dire quale spirito di abnegazione e di sacrificio, quale tesoro «di affetto, fossero nell'animo del loro maestro». E di questa abnegazione diede prova allorquando invitato ad assumere una cattedra in altra Università con sensibile vantaggio nelle condizioni pecuniarie, rifiutò per non abbandonare la patria, e la famiglia dei suoi scolari.

«Al lutto dell'Università di Berna per la morte dell'eminente scienziato si associa di cuore la R. Accademia dei Lincei».

Damit sind wir vorläufig zu Ende mit unserer Skizze. Eine specielle Würdigung des Gelehrten als Mathematiker müssen wir uns in einer späteren Arbeit im nächsten Jahresbande vorbehalten. Es drängt uns aber, den Herren Prof. Dr. *Hugo Schiff*, Prof. Dr. *G. Sidler* und Frl. *Marg. Spichtin* für alle Beihülfe bei der Abfassung der vorliegenden Schrift den herzlichsten Dank auszusprechen.

Gedruckte Abhandlungen L. Schläfli's.

Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern.

(abgekürzt M. B.)

1) Ueber ein räumliches System von Geraden im Allgemeinen und über dasjenige der Normalen einer krummen Fläche insbesondere. M. B. 1846. S. 88—100. M. B. 1846. S. 111—119.

2) Ueber den Ort der Mittelpunkte grösster und kleinster Krümmung beim Ellipsoid, die kürzeste Kurve auf demselben und verwandte Gegenstände. M. B. 1846. S. 145—160.

3) Bemerkungen über confocale Flächen 2. Grades und die geodätische Linie auf dem Ellipsoid. M. B. 1847. S. 97—101.

4) Ueber die Relationen zwischen den neun Cosinus, durch welche die gegenseitige Lage zweier rechtwinkliger Coordinatensysteme bestimmt wird. M. B. 1848. S. 27—33.

5) Ueber eine Verallgemeinerung des Lagrange'schen Lehrsatzes für die der Beweis noch gefordert wird. (4. März 1848.) M. B. 1848. S. 97—109.

6) Ueber eine durch zerstreuendes Licht bewirkte Interferenzerscheinung. (3. Juni 1848 vorgetragen.) M. B. 1848. S. 177—183.

7) Ueber die einfachste Art, die Differenzialgleichungen 1. Ordnung, durch welche die Störungen der elliptischen Elemente einer Planetenbahn bestimmt sind, auszudrücken. (3. Juni 1848.) M. B. 1848. (S. 184—186.)

8) Bemerkung zu einem Aufsatz von *H. Brändli*, über arithmetische, geometrische und harmonische Mittel. M. B. 1849. S. 178. Anmerkung.

9) Ueber zwei Cucurbitaceen. (gelesen 15. November 1851.) M. B. 1852. S. 5—21.

10) Elementare Bestimmung der Beschleunigung der elliptischen Planetenbewegung. (Mit 1 Tafel.) M. B. 1862. S. 65—82.

11) Ueber den Gebrauch des Integrationsweges. (Eingereicht im Dezember 1862.) M. B. 1862. S. 257—267.

Giornale arcadico di Scienze e Lettere.

12) *Steiner*: Teoremi relativi alle conichi inscritte e circoscritte. Vol. 99. p. 147—161. (Vgl. Crelle XXX.)

13) — Del baricentro di curvatura delle curve piane. Trattato del Sign. J. Steiner. Tradotto dal Tedesco.
Vol. 101. p. 237—280.
» 102. p. 1—31 und p. 121—160.

14) *Jakobi:* Sulle condizioni di ugualianza di due radici dell' equazione cubica etc.
Vol. 99. p. 3—11. (Vgl. Crelle XXX.)

15) Sul principio dell' ultimo moltiplicatore etc.
Vol. 99. p. 129—146.

Grunert's Archiv.

16) Bemerkungen über die Lambert'sche Reihe. (Grunert's Archiv X, p. 332—340. 1847.)

17) Betrachtung der Coeffizienten in der Entwicklung des Produktes $\prod_{i=0}^{i=n-1}(1 + i\,x)$ nach steigenden Potenzen von x.

18) (Ib. id.) .— Nachtrag hiezu. (Ib. XII. 1849.)

19) Anwendung des barycentrischen Calculs auf die Bestimmung der grössten einem Vierseit eingeschriebenen und der kleinsten einem Viereck umschriebenen Ellipse. (Ib. XII, p. 39—129, 1849.)

20) Geometrischer Beweis zweier bekannter Sätze über die elliptischen Functionen der ersten Art. (Ib. id.)

21) Ueber die Relationen zwischen den neun Cosinus, durch welche die gegenseitige Lage zweier rechtwinkliger Coordinatensysteme bestimmt wird. (Ib. XIII. 1849.)

22) Construction des Näherungswerthes $\frac{355}{113}$ der Zahl π. Ib. XI, p. 98. 1849.

23) Ueber die Begründung der Theorie der elliptischen Functionen durch die Betrachtung unendlicher Doppelprodukte. (Ib. XIV., p. 393—451. 1850.)

Denkschriften der Wiener Akademie.

24) Ueber die Resultate eines Systems mehrerer algebraischen Gleichungen, ein Beitrag zur Theorie der Elimination. Aus dem IV. Band der Denkschriften der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften besonders abgedruckt. Wien, k. k. Hof- und Staatsdruckerei, 1852. Vorgelegt 9. Januar 1851. 74 S. Folio.

Programm der Berner Hochschule.

25) Lösung einer Pendelaufgabe.

Zum Lections-Katalog der Berner Hochschule 1867. Bern. 1867. (Ueber die Bewegung eines starren Körpers, der in Bezug auf seinen Schwerpunkt zwei gleiche Hauptträgheitsmomente hat, wenn ein in der Axe des dritten ungleichen Hauptträgheitsmoments befindlicher Punkt befestigt und der Körper der Schwere unterworfen ist.) 27 S, 4°.

26) Einige Zweifel an der allgemeinen Darstellbarkeit einer willkürlichen periodischen Function einer reellen Variabeln durch eine trigonometrische Reihe. 1874. Bern, 1874. 27 S. 4°.

27) Ueber die zwei *Heine*'schen Kugelfunktionen mit beliebigem Parameter und ihre ausnahmslose Darstellung durch bestimmte Integrale. Festschrift zum Lections-Katalog der Hochschule. 1881. 66 S. Folio.

Journal für reine und angewandte Mathematik. (Crelle.)

28) Sur les coefficients du développement du produit $1 . (1 + x) (1 + 2x) \ldots (1 + \overline{n - 1} . x)$ suivant les puissances ascendantes de x. (Crelle's Journal 43. 1852.)

29) Ueber das Minimum des Integrales $\int \sqrt{(dx_1^2 + dx_2^2 \ldots + dx_n^2)}$, wenn die Variabeln $x_1, x_2 \ldots x_n$ durch eine Gleichung zweiten Grades gegenseitig von einander abhängig sind. (Ib. p. 23—36.)

30) Ueber eine Function von drei Winkeln, deren erste Abgeleitete ebenfalls als Winkel anzusehen und durch algebraische Relationen ihres Cosinus zu denen der Unabhängigen bestimmt sind. (Ib. 48. 1854 p. 292—300.)

31) Ueber eine symbolische Formel, die sich auf die Zusammensetzung der binären quadratischen Formen bezieht. (Ib. 57, p. 170—174. 1860.)

32) Ueber invariantive Elemente einer orthogonalen Substitution, wenn dieselbe als Ausdruck einer Bewegung jeder Gruppe von Werthen der Variabeln aus dem identischen Zustande in den transformirten gefasst wird. (Bd. 65, p. 185—187. 1866.) 3 S.

33) Erweiterung des Satzes, dass zwei Polendreiecke perspektivisch liegen, auf eine beliebige Anzahl von Dimensionen. (Bd. 65, p. 189—197. 1866.) 9 S.

34) Ergänzung zur Abhandlung über die Entwicklung des Produktes $1 . (1 + x) (1 + 2x) \ldots (1 + \overline{n - 1} . x) = \overset{n}{\Pi}(x)$ im Band 43 dieses Journals. (Bd. 67, p. 179—182, 1867.) 4 S. Bern. 28. Nov. 1866.

Dieser Arbeit angeschlossen:

35) Ueber die Entwickelbarkeit des Quotienten zweier bestimmter Integrale von der Form $\int dx . dy \ldots dz$. (Bd. 67, p. 183—199. 1867.) 17 S. 4. Dezember 1866.

36) Ueber die partielle Differenzialgleichung $\frac{dw}{dt} = \frac{d^2w}{dx^2}$. (Bd. 72, p. 263 bis 284. 1870.) 22 S. 27. April 1870.

37) Beweis der Hermite'schen Verwandlungstafeln für die elliptischen Modularfunctionen. (Bd. 72, p. 360—369. 1870.) 11 S. 31. Juli 1870.

38) Ueber die allgemeinste Flächenschaar zweiten Grades, die mit irgend zwei andern Flächenschaaren ein orthogonales System bildet. (Bd. 76, pag. 126—148. 1873.) 23 S. 8. Juli 1870.

Daran schliesst sich:

39) Ueber die linearen Relationen zwischen den 2 p Kreiswegen erster Art und den 2 p zweiter Art in der Theorie der Abel'schen Functionen der Herren Clebsch und Gordan. (Bd. 76. 1873.) 7 S. 21. März 1873.

40) Ueber die allgemeine Möglichkeit der conformen Abbildung einer von Geraden begrenzten ebenen Figur in eine Halbebene. (Bd. 78, pag. 63—80). 1874. 24. Aug. 1873.

Mathematische Annalen.

41) Ueber die *Gauss*'sche hypergeometrische Reihe. (III. Bd., p. 286 bis 295.) 1870.

42) Einige Bemerkungen zu Herrn Naumann's Untersuchungen über die Bessel'schen Functionen. (Bd. III, p. 134—149.) 1870.

43) Ueber die Convergenz der Entwicklung einer arbiträren Function f(x) nach den Bessel'schen Functionen

$$\overset{a}{J}(\beta_1 x),\ \overset{a}{J}(\beta_2 x),\ (\overset{a}{J}(\beta_3 x),\ \ldots,\ \text{wo } \beta_1, \beta_2, \beta_3 \ldots$$

die positiven Wurzeln der Gleichung $\overset{a}{J}(\beta) = 0$ vorstellen. (Bd. XII, p. 137—142. 1876.) 6 S. 17. Januar 1876.

Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

44) Bemerkungen und Zusätze zum ersten Heft der mathematischen Mittheilungen Herrn Prof. *Raabe*'s. Bd. III, pag. 23—36. 1858.

45) Betrachtungen über verschiedene Gegenstände die in Herrn *Hug*'s «Mathematik in systematischer Betrachtungsweise» vorkommen. Bd. VII, pag. 366—409. 1862.

46) Ueber den Satz III in Herrn *Hug*'s mathematischen Mittheilungen vom 1. August 1862. Bd. VIII, p. 79—82. 1863.

47) Bemerkungen zu Herrn Dr. *Sidler*'s Theorie der Kugelfunctionen. Bd. VIII, pag. 205—215 und pag. 324—339. 1863.

Collectanea mathematica in memoriam D. Chelini. Mediolani 1881.

48) Einige Bemerkungen über die *Lamé*'schen Functionen. Collectanea p. 277. 11 S. 30. November 1880.

Accademia dei Lincei:
Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

49) Verbesserungen und Zusätze zu den Bemerkungen: Ueber die *Lamé*'schen Functionen. (Collectanea mathematica in Memoriam *D. Chelini*, p. 277.) Memorie Serie I^a, Bd. IV. 10 S. Folio.

Annali di Matematica pura ed applicata
Brioschi e *Cremona,* Milano.

50) Sul moto di un pendolo, quando la retta passante pel punto di sospensione e pel centro di gravità e, per questo punto, il solo asse principale d'inerzia che sia determinato di posizione. Serie II^a, tomo I°. Fasc. II^a, p. 105—131. 1868. 26 S.

51) Sulle relazioni tra diversi integrali definiti che giovano ad esprimere la soluzione generale della equazione di Riccati. Serie II^a, tomo I°. Fasc. III°, pag. 232—240. 1868. 11 S.

angeschlossen:

52) Alcune osservazioni interno alle funzioni di *Laplace.* Serie II^a, tomo I°, Fasc. III°, p. 241—247. 1868. 5 S.

53) Sopra una equazione a differenziali parziali del primo ordine. Serie II^a, tomo II°, Fasc. I°, pag. 89—96. 1869. 8 S. März 1867.

54) La risolvente dell' equazione di quinto grado sotta la forma di un determinante simmetrico a quattro linee. Serie II^a, tomo III°, Fasc. I°, pag. 171—174. 1870. 4 S. August 1869.

55) Sullo sviluppo del periodo imaginario pel caso che il modulo delle funzioni ellittiche sia abbastanza piccolo. Serie II^a, tomo III°. Fasc. III°, pag. 243—248. 1870. 6 S.

56) Nota alla memoria del Sig. *Beltrami:* «Sugli spazii di curvatura constante». Serie II^a, tomo V°, pag. 178—193. 1872. 15 S. Aug. 1871.

57) Sopra un teorema di *Jacobi* recato a forma più generale, ed applicato alla funzione cilindrica. Serie II^a, tomo V°, pag. 199—205. 1872. 6 S. August 1871.

58) Quand' è, che dalla superficie generale di terz' ordine si stacca una parte che non sia realmente segata da ogni piano reale? Serie II^a, tomo V°, pag. 289—295. 1873.

59) Correzione alla memoria intitolata: Quand' è, che dalla superficie generale di terz' ordine si stacca un pezzo rientrante? Serie II^a, tomo VII°, p. 193—196. 1876. 4 S. 2. Sept. 1875.

Rendiconti del R. Istituto Lombardo.

60) Del nesse che vige fra l'analisi e l'intuizione geometrica. Vol. V. Fasc. V. 1872.
(Dat. Pederno d'Adda, September 1871, als Gast von *Cremona.*)

Philosophical Transactions
of the R. Society of London. MDCCCLXIII.

61) On the distribution of surfaces of the Third Order into species, in reference to the absence or presence of singular points, and the reality of their lines. Communicated by *Arthur Caylay,* F. R. S. 48 S. 4°.

Quaterly Journal of pure and applied mathematics,
edited by *Sylvester* and *Ferrers*. London.

62) On a Generalisation given by *Laplace* of *Lagrange's* Theorem. By Dr. *Schlæfli*. Bern, Januar 1856. Vol. II, p. 24—31.

63) An Attempt to determine the Twenty-Seven Lines upon a Surface of the Third Order, and to divide such Surfaces into Species in reference to the Reality of de Lines upon the Surface. By Dr. *Schlæfli*. Translated by *A. Cayley*. Vol. II, p. 55—65 and p. 110—120.

64) On the Multiple Integral $\int^{n} dx\, dy \ldots dz$, whose limits are

$$p_1 = a_1 x + b_1 y + \ldots + h_1 z > 0,\ p_2 > 0,\ \ldots\ p_n > 0,$$
$$\text{and } x^2 + y^2 + \ldots + z^2 < 1.$$

By Dr. *Schlæfli*. Vol. II, pag. 269—301. Vol. III. p. 54—68 and 97—108.

65) On *Staudt's* Proposition relating to the *Bernoullian* Numbers. By Professor *Schlæfli*. Vol. VI, p. 75—77. (See *Crelle's* Journal, Vol. XXI, p. 372.)

66) A consequence of Mr. *Cayley's* Theory of Skew Determinants concerning the Displacement of a Rigid System of an Ever Number of Dimensions about a Fixed Origin. By Professor *Schlæfli*. Bern, 27. October 1865. Vol. VIII, p. 167—182.

67) Solution of a Partial Differential Equation. By Professor *Schlæfli*. Vol. VIII, p. 252—256.

68) On the Expausibility of the Multiple Integral treated of in Vol. II, p. 269. By Professor *Schläfli*. Vol. VIII, p. 370—373.

Acta Mathematica
herausgegeben von *G. Mittag-Leffler*.

69) Ueber $\int_0^{\infty} \frac{\sin a x}{\sin b x} \cdot \frac{dx}{1 + x^2}$ und verwandte Integrale.
Bd. VII, 2. Heft, pag. 177—196. 20 S. Bern. 13. August 1885.

Journal de Mathématiques pures et appliquées. (J. Liouville.)

70) Reduction d'une intégrale multiple qui comprend l'arc de cercle et l'aire du triangle sphérique comme des cas particuliers. Tom. XX. 1855, p. 359—394. 35 S. 4°.

Nachgelassene Manuscripte Schläfli's.

(Einzelne, die augenscheinlich schon im Druck erschienen sind, habe ich mit einem * versehen).

Mathematik und mathematische Physik.

1) Auszug aus *Leroy's* darstellender Geometrie. Rechnungen, die Optik betreffend, 3 Hefte.
2) Bemerkungen zu Lamé's Physik.
3) Tafel der durch 3 nicht theilbaren Zahlen in ihre ersten Faktoren zerlegt.
4) Notizen betreffend Nationalvorsichtskassa.
*5) Sur les coefficients dans le développement du produit $1\ (1+x)\ (1+2x)\ \ldots\ (1+(n-1)\,x)$ selon les puissances descendantes de x.
6) Démonstration analytique simple de l'équation différentielle de premier ordre à la ligne géodésique sur un ellipsoïde quelconque.
7) Théorème sur les trois cordes qu'interceptent trois surfaces homofocales sur une même droite quelconque.
Note sur une expression générale donnée par *M. Gauss* pour la mesure de courbure d'une surface quelconque.
8) Berechnung von $\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)$ und $\Gamma\left(\frac{1}{4}\right)$.
9) Approximative Integration. Bestimmung einer Function durch Randwerthe ihrer reellen Componente längs eines Kreises. *Fourier'sche* Reihe. *Laurentischer* Satz. Gewöhnliche Behandlung der trigonometrischen Reihe. *Dirichlet's* Behandlung der trigonometrischen Reihe.
Anwendung der trigonometrischen Reihe auf eine Verwandlung der elliptischen Thetareihe.
Anwendung der trigonometrischen Reihe auf die *Kepler'sche* Aufgabe. Schwingende Saite.
Ueber das *Dirichlet'sche* Princip nach *Riemann*.
Ueber Kugelfunctionen.
10) 1861. Von einem Punkte innerhalb eines ebenen Dreiseits (def) gehen Strahlen a b c nach dessen Ebenen; wie sind die Bedingungen
$$\cos(bd) + \cos(cd) = 1$$
$$\cos(ce) + \cos(ae) = 1$$
$$\cos(af) + \cos(bf) = 1$$
zu erfüllen?
11) Wann ist die Summe der 6 Keile eines Tetraeders ein Maximum oder Minimum? (Differenzialgleichungen zwischen den Stücken eines Kugeldreiecks).
12) Relationen zwischen den Stücken eines tetrasphärischen Plagioschems?
Ueber das Continuum dritten Grades in der vierfachen Totalität.
Inhalt des tetrasphärischen Plagioschems, annähernd bis auf die 5. Ordnung hinsichtlich der Seiten ausgedrückt, mittelst Zerlegung in 6 Orthoscheme.
*13) Zu *Sidler's* Theorie der Kugelfunctionen.

14) Ueber die vortheilhafteste Wahl der Ordinaten zur parabolischen Quadratur.

15) Die Function $Xn(\cos\Theta \cos\Theta' + \sin\Theta \sin\Theta' \cos\psi)$ in die Form $M_0 + 2\sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} M_\lambda \lambda \cos\lambda\psi$ zu bringen.

16) Entwicklung von $\left(\frac{1+\sqrt{1-4x}}{2}\right)^n$, wenn n beliebig und x absol. $<\frac{1}{4}$.

17) Ueber Hauptkrümmungsrichtungen einer Fläche. — Krümmungsmaass.

18) Zwei nicht äquivalente binäre quadratische Formen können nicht eine und dieselbe primitive Form impliciren.

19) Gleichung einer Geraden, die die Focalellipse und Hyperbel schneidet, in confocalen Coordinaten.

20) Potential eines homogenen von einem Ellipsoid umschlossenen Körpers.

21) Wenn e eine ungerade Primzahl und $h > 1$, so gehören zum Discr. $e^2 h$, $e - \left(\frac{-h}{e}\right)$ so viele reine Classen als zum Discr. h., zum Discr. e^2 gehören $\frac{1}{2}\left(e - \left(\frac{-1}{e}\right)\right)$ Classen.

22) Bewegung eines starren Körpers, auf den keine äusseren Kräfte wirken.

23) Bewegung eines festen Körpers um einen festen Punkt, wenn nur die irdische Schwere auf ihn wirkt und für den Fall, wo der Schwerpunkt in einer singulären Axe liegt.

24) Hauptträgheitsmoment eines festen Körpers für einen beliebigen Punkt derselben im Zusammenhang mit den confocalen Flächen.

25) Reciprocität zwischen zwei Schaaren confocaler Flächen. Ueber Rotation eines festen Körpers unter dem Einfluss der allgemeinen Schwere.

26) Ueber das System $\Sigma x'x, = 0$, $\Sigma \pm x'_1 y' z_1 = 0$. Schaar $xyz = A$.

27) Orthogonales System f f' f''.

28) Direkte Ableitung der Differenzialgleichung 3. Ordnung für f.

29) Algebraische Gleichung Θ^{ten} Grades zwischen wxyz, worin die Coefficienten gesuchte Functionen des Parameters f sind. Fall $\Theta = 2$; beiläufige Notiz. Integrabilitätsbedingungen. Alles (No. 18 und 206).

30) Paraboloide. Versuch die Schaar $\frac{x^2}{A}+\frac{y^2}{B}+\frac{z^2}{C} = 1$, $A(B-C)dA + B(C-A)dB + C(A-B)dC = 0$ orthogonal zu durchsetzen. Wiederholung der allgemeinen Betrachtungen. (Ein Versuch Ebenencoordinaten einzuführen).

31) Orthogonale Flächen (29. März 1869).

32) Ueber eine Transversale eines Dreiseits, wenn die in den Schnittpunkten auf die Seiten errichteten Senkrechten in einem Punkt des Dreiseits zusammentreffen, über vier Punkte im Kreis. (28. Februar 1869.)
33) Werth des Doppelverhältnisses der 4 Tangenten, die von einem Punkt der Curve dritten Grades aus an dieselbe gehen.
34) Algebraische orthogonale Flächen, im Besondern solche zweiten Grades.
35) Zu *Brioschi* Teorica dei determinanti.
36) *Malmsten*, über approximative Integration. *Crelle* XXXV.
37) *Tardy*, sopra un teorema di poligonometria (1852).
38) *Tardy*, transformazioni di un prodotto di n fattori (1851).
Sui differenziali a indice qualunque. (1858).
39) *Tardy*, sopra alcuni punti della teoria del moto dei liquidi (1847).
40) Zur Hydraulik. 2 Hefte.
41) Ueber eine symbolische Formel, die sich auf die Zusammensetzung der binären quadratischen Formen bezieht.
42) Ueber die Werke von $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2n}\varphi \, d\varphi$, $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2n+1}\varphi \, d\varphi$.
43) Beweis einer Formel, welche $\sum \frac{\cos n\Theta}{n^m}$ und $\sum \frac{\sin n\Theta}{n^m}$ gibt.
Beweis einer Formel, welche den Rest der Reihe ausdrückt, welche die Definition der *Bernoulli'schen* Zahlen gibt.
44) Darstellung der Zahl $C = \text{Lim.}\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{k} - \text{Log}\, k\right)$, für $k = \infty$.
45) Digression über Ergänzungen bei der approximativen Integration.
46) Gränzausdruck für die Gammafunction, wenn ihr Argument unendlich wächst.
47) Ueber eine Art der Summation, wo auf das Integral nicht Differenzialcoefficienten, sondern endliche Differenzen folgen.
48) Ueber den aus Summation mittels Differenzialcoefficienten von Log x hervorgegangenen Ausdruck für Log Γ (x).
49) Bemerkung über den Ausdruck für Γ (k), wenn $k = \infty$.
50) Anwendung der Differenzen auf den Ausdruck Log Γ (x).
51) Ein Versuch, eine Function Δ (x) anzugeben, welche der Bedingung $\Delta(x+1) - \Delta(x) = x \text{ Log } x$ genügt und für $x = 1$ verschwindet.
52) Kurzer Beweis des Satzes, der die Umkehrung einer nach den steigenden Potenzen der Variablen fortschreitenden Reihe betrifft.
53) Ueber binäre quadratische Formen.
54) 1861. Zur Lehre von den elliptischen Functionen. 2 Hefte.
55) Aufgabe: Wenn die positive Zahl a und eine hohe positive ganze Zahl n gegeben sind, so verlangt man eine untere Gränze für die positive Variable x, über die hinaus immer $e^x > ax^n$ ist.
56) Die zwei fundamentalen Definitionen der Γ-Function verglichen.
57) Ueber die Summe $\sum_{r=1} r^{-n} e^{+2i\pi rx}$, wenn n positiv ganz.
*58) Zum *Staudt*'schen Satz.

59) *Bernoulli*'sche Zahlen. *Raabe*'s Integrale.
60) *Kummer*'s Satz. (Sept. 1847, *Crelle* XXXV.)
61) Ueber Gammafunctionen. (Einleitung: Ueber *Bernoulli*'sche Zahlen und praktische Integration.)
62) Quaternionen.
63) Zur Entwicklung von L nach K und von $\frac{1}{\sqrt{1-\alpha}} \operatorname{Log} \frac{1+\sqrt{1-\alpha}}{2}$ (28)
64) Zu *Hattendorff*'s Ausgabe *Riemann*'scher Vorlesungen. 4 Hefte.
65) *Heine*'s Kugelfunctionen P^n und Q^n sind Functionen einer Unabhängigen; Sätze darüber.
66) Zu *Neumann*'s Lehre von den *Bessel*'schen Functionen.
67) Nachtrag zum Beweise der Entwickelbarkeit nach *(Laplace*'schen) Kugelfunctionen, Verkürzung derselben.
68) Aus *Serret*'s Algebra. 3 Hefte.
69) Sommer 1874. Analytische Mechanik. (Princip der kleinsten Wirkung) *Hamilton*'sches Integral. *Hamilton*'sche Form der Differenzialgleichung der Bewegung (Potenzial eines homogenen Ellipsoids), Gleichgewicht einer Gaskugel, deren Theile gegen einander gravitiren.
70) Potentialtheorie.
71) Zusätze zu den Auszügen aus *Dienger*'s Differenzial- und Integralrechnung.
72) *Bessel*'sche Functionen. Viele Hefte.
73) Auszug aus *Herrschel*'s Licht.
74) *Laplace.* Mécanique céleste. 3 Hefte.
75) Littrow. Astronomie.
76) Planetenstörung.
77) *C. Marx.* Ueber einen neuen experimentellen Beweis von der Axenumdrehung der Erde. *Poggendorff*'s Annalen LXXXIII. S. 302. (1851.)
78) 3 Hefte über Flächen 3. Grades.
79) Ueber die trigonometrische Reihe.
80) *Kronecker.* Ueber die Anzahl der verschiedenen Classen quadratischer Formen von negativer Determinate.
*81) Ueber die Integralformel, die ein Vieleck von einfachem Umlauf auf die nördliche Halbebene abbildet.
*82) Ueber die Reihe $f(x) = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} A_\lambda \overset{a}{J}(\beta_\lambda x)$, wenn $\beta_1\ \beta_2 \ldots$ die positiven Wurzeln der Gleichung $\overset{n}{J}(x) = 0$ bedeuten.
83) *Gauss* disquisitiones generales circa superficies curvas.
84) Bemerkungen zu Herrn *Steiner*'s Abhandlung über das Maximum isoperimetrischer Figuren. (Aprilheft 1841 des Journals von *Liouville.*)
85) Ueber den Integrationsweg.
86) *Jakobian* von 6 Punkten.
87) Bemerkungen zu *Dienger*'s Differenzial- und Integral-Rechnung. 2 Hefte.
88) Optik.

89) Flächen zweiten Grades. Krümmungslinien, orthogonale Flächen. Geometrie. (Merkwürdiger Weise findet sich hier eine Uebersetzung aus dem Englischen von Washington's Leben angeschlossen.)

*90) Betrachtungen über verschiedene Gegenstände, die in Herrn *Hug*'s Mathematik in systematischer Behandlungsweise vorkommen. 2 Hefte. (October 1862.)

91) Ueber Curven 3. Grades.

92) Ueber die Cassinische Curve.

93) *Bernoulli*'sche Functionen.

94) Die Spitze eines geraden Kegels und der Umfang seiner Grundfläche liegen in einer Kugelfläche vom Radius 1. Wann ist die Oberfläche des Kegels ein Maximum?

95) Man soll den Werth von x finden welches bewirkt, dass die Gleichung $x^4 + x^3 - x^2 - x + X = 0$ zwei gleiche Wurzeln hat.

96) Wann ist $e^{-x} x^a$ ein Maximum, wenn a pos. etc.

97) Die Periodenverhältnisse z und deren Modularfunctionen $\varphi(z)$ und X(z) auf Gebiete zu beschränken, wo jene diesen eindeutig entsprechen.

98) 1881. Analytische Mechanik:
Pendel mit horizontaler Axe.
Bewegung eines schweren Punktes in einer hohlen Kugel.
Bewegung eines starren Körpers um einen festen Punkt unter dem Einfluss der Schwere.
Kettenlinie.
Gespannter Faden auf einer Fläche $\lambda\,dx + \mu\,dy + \nu\,dz = 0$.
Gespannte Saite. Längsschwingungen eines elastischen Stabes. Fall eines punktförmigen Körpers auf einer gegebenen krummen Fläche. Die Tautochrone. Brachistochrone. Gravitation zweier Körper. Sonnensystem mit Variation der elliptischen Bahnelemente behandelt.

99) Lösungen und Erweiterungen der Algebra von *Bourdon*.

100) Einleitung zur Differenzialrechnung.

101) Des Euklides Gegebene. (Zur Lehre von der Wärme.)

*102) Distribution of the cubic surface into species in reference to the absence or presence of singular points and the reality of its lines (continued).

103) Notiz über *Friedrich August*: Disquisitiones de superficiis tertii ordinis. Berlin, Februar 1862. Inaugural-Dissertation.
On *Staudt*'s proposition relating to the *Bernoullian* numbers. (*Crelle*, XXI, S. 372.)
Supplement to the kind XXII of the cubic surface.
On same integrals connected with Riccati's equation.

104) Algebraische Analysis.

105) Osservazioni sull' equazioni cubice per la quale si determinano gli arci principali nelle superficie di second' ordine, allorchè queste sono riportate ed arci obliquangoli. (Roma, 20. Febbrajo 1844. *D. Chelini* d. S. P.)

106) Quadratische Formen.

*107) Supplement of Art. 3 (a conseq. of *Cayley*'s Theory of skew determinants). Q. J. I, p. 4.

108) *Cayley*, on some integral transformations. Q. J. I, p. 5.
109) Note on reciprocal triangles and tetrahedra, respecting to the papers on that subject in Q. J. I, p. 7. 191. 241.
Erweiterung für 3 Dimensionen.
4 Dimensionen.
n Dimensionen.
*110) Erweiterung des Satzes, dass zwei polare Dreiecke perspectivisch liegen von zwei auf eine beliebige Anzahl von Dimensionen.
Ueber invariantive Elemente einer orthogonalen Transformation.
Russell, on the application of the calculus of finite differences to the solution of linear differential equations. Q. J. I, p. 23.
111) *Spottiswoode*, note on axes of equilibrium. Q. J. I, p. 36.
112) Versuch die Gleichung $x^5 - x^3 - 2x^2 - 2x - 1 = 0$ auf Kreis-Theilung zurückzuführen. (1868.)
113) *Lamé'sche* und *Bessel'sche* Functionen.
114) Ueber elliptische Modularfunctionen. (1885.)
115) Abhandlung über die Theorie der vielfachen Continuität (der kaiserlichen Akademie präsentirt, den 8. October 1852).
116) Zu *Heine's* Kugelfunctionen. (Grosses Manuscript, 588 Seiten.)
117) Partielle Differenzialgleichungen.
118) Gewebe von zwei Dimensionen im Raume. (1885.)
Mit Auszug aus *Gauss*, disquisitiones generales circa superficies curvas. (8. October 1827.)
119) Differenzialgleichungen. (Beginnt mit Ellipsoid.)
120) Analytische Mechanik.
121) Zum polymetrischen Satz von *Prouhet*. (Nouveaux Annales de *Terquem*. Mai 1851.)
122) Zu *Sylvester's* invariantiven Kriterien der reellen und imaginären Wurzeln eines binären Quintics.
123) An exemple of an equation with partial differential of the first order and in the second degree.
124) Zu *Hermite's* Modulargleichungen. 10 Hefte. 1867.
125) Bruchstück elliptischer Modulargleichungen.
126) Quadratische Formen. Seite 101—195. (Beginnt mit der Multiplication und enthält die *Dirichlet'schen* Sätze über die Classenmenge.) Mehrere kleinere und grössere Manuscripte.
127) Ergänzung der *Taylor*'schen Reihe.
128) Gammafunctionen.
129) *Bernoulli*'sche Zahlen.
130) Approximative Integration mit Anwendung auf *Bernoulli*'sche Zahlen.
131) Behandlung der elliptischen Functionen mittelst unendlicher Doppelproducte. (Der Anfang fehlt.)
132) *Weierstrass*'sche Entwickelungen.
133) Ueber *Abel*'sche Integrale. (Substitutionen, durch welche ein kanonisches System in ein anderes verwandelt wird.)
Versuche, durch Veränderung der Reihenfolge der Verzweigungspunkte zu bewirken, dass solche, die ein erstes Blatt mit einem andern verbinden, unmittelbar auf einander folgen.
Herstellung eines Normalsystems von Kreiswegen.
Ueber die Periodicitätsmasse der Integrale 1. Art.

Perioden der Integrale 3. Art.
Verwandlung einer homogenen ganzen Function von n Variabeln in eine Summe von Quadraten.
Ueber Integrale algebraischer Functionen.
Perioden der Integrale 3. und 2. Art (nach *Clebsch*).
Bemerkungen zu *Riemann's* Theorie der *Abel*'schen Functionen.

134) Convergenz der Thetareihe.
135) Ueber das Verschwinden der Thetafunction.
136) Directer Beweis der Formel

$$\frac{V}{U} = \sum_{u(\varphi)=0} \frac{V(\varphi)}{U'(\varphi)} Z_\varphi + \text{const.}$$

137) Zu *Riemann* § 6, Zurückführung der *Riemann*'schen Basis auf eine C^{p+1}, wenn $p > 2$.

Zwischen den Perioden $a_{\lambda\mu}$ bestehen $\frac{(p-2)(p-3)}{2}$ Relationen.

Zu *Riemann* §§ 14, 15, 16 (eine Anwendung des *Abel*'schen Additionssatzes).
Zu *Riemann* § 17 (Definition einer Θ-Function); über die Verwandlung einer homogenen ganzen Function 2. Grades in ein Aggregat von Quadraten; Convergenz der Θ-Reihe.

138) *Hermite's* Wintervorlesung 1881/1882. Seite 16.
139) Ein Kreis berührt eine Ellipse und zwei Tangenten derselben.
140) S. 20. Ueber die Reduction des Integrals.

$$\int_0^x \frac{(k^2 x^2)^{n+1} dx}{R} = Sn.$$

S. 22. Fälle wo ein Integral nur scheinbar ein elliptisches ist. Der Ausdruck für den Bogen einer einläufigen Curve enthält keine logarithmische Unstätigkeit. S. 25.

141) Gammafunctionen und *Bernoulli*'sche Functionen.
142) Zu *Cauchy* I pag. 120, Note III, II, S. 19; 133, Note VI; 134; 342, (c); 348, (d); 356, (h); 357, (i); 359, (l); 361, (n); 394; 430; 431; 433, Note w; 442; 443; 444; 447, (l); 449; 452, (p); 452, (q); 454, (s); 456; 460; 464, (x); 466; 471; 472; 475; 488. Vorbereitung zu pag. 494; 495; 504; 506.
*143) Ueber die zwei *Heine*'schen Kugelfunctionen mit beliebigem Parameter und ihre ausnahmslose Darstellung durch bestimmte Integrale.
144) *Heine*'s Kugelfunction I. und II. Art. 243 S.
145) Gammafunctionen und elliptische Functionen.
146) Ueber den Halbmesser der grössten und kleinsten Krümmung und die Richtung desselben auf einer krummen Fläche überhaupt, und auf der Fläche des 2. Grades insbesondere, nebst verwandten diese letztere betreffende Untersuchungen. Febr. 1846.
147) Auszüge aus *Crelle*'s Journal:
C. G. J. Jacobi. (Aug. 1827.) Ueber die Integration der partiellen Differenzialgleichungen 1. Ordnung.
De formatione et proprietatibus Determination.

De Determinantibus functionalibus.
De functionibus alternantibus earumque divisione per productum e differentiis elementorium conflatum.

148) Archimedes. 4 Hefte.

149) Ueber die Curven grösster und kleinster Krümmung auf dem Ellipsoid, den Ort der Mittelpunkte grösster und kleinster Krümmung, und über die kürzeste Curve auf der genannten Fläche.

*150) Aufsatz, März 1846. (Mittheilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft.)

151) Ueber ein räumliches System von Geraden im Allgemeinen, und über dasjenige der Normalen einer krummen Fläche insbesondere.

152) Zahlenlehre. 6 Hefte.

153) Geometrie. 7 Hefte. Darunter:
Otto Hesse, Crelle XXVIII: Ueber die Resultante dreier quadratischer Gleichungen.
A. Cayley: Note sur deux formules etc. *Crelle* XXIX.
Mémoire sur les hyperdéterminants. *Crelle* XXX.
Theorie der vielfachen Continuität.
Methode *Fourier*'s, die Zahl der zwischen gegebenen Ganzen liegenden reellen Wurzeln einer algebraischen Gleichung zu bestimmen.
Cauchy's Methode, um für eine algebraische Gleichung mit ungleichen Wurzeln eine positive Grösse herauszufinden, welche kleiner ist, als der Modul jeder Differenz zweier Wurzeln.
Sturm's Satz.

154) *J. Steiner*, Ueber das Maximum und Minimum der Figuren.
Abel Franson, Recherche sur la courbure des lignes et des surfaces.
G. Gescheau. Bemerkungen zu der geometrischen Theorie der bleibenden Drehungsaxen.
Alle drei aus *Liouville*'s Journal.
Ebenso Copien von Aufsätzen von:
J. Liouville, Minding, E. Catalan, Puiseux, Briot, Brassine, J. Bertrand, Mac-Cullagh, Darn, Chasles, C. F. Gauss.

155) Geometrische Untersuchungen. 25 Hefte.

*156) Bemerkungen zu Herrn Dr. *Sidler*'s Theorie der Kugelfunctionen. 3. Oct. 1862.

*157) Betrachtungen über verschiedene Gegenstände, die in Herrn *Hug*'s Mathematik in systematischer Behandlungsweise vorkommen.

158) Ueber Reciprocitätsverwandtschaft algebraischer Curven und Flächen im Allgemeinen und über die Reciprocität der Curven 3. Grades im Besondern.

*159) Ueber die *Lambert*'sche Reihe, als ein Mittel zur Verallgemeinerung der Binomialformel und über die ihren Evoluten ähnlichen Curven.

160) Entwickelung der durch die Relation

$$h_{n+1} = \frac{n+1}{n+3} h_n + \frac{\beta}{n+3} (h_0 + h_1 + \cdots + h_{n-1})$$

verbundenen Grössen $h_0\, h_1 \cdots \left(\text{wo } h_0 = \frac{1}{2},\ h_1 = \frac{1}{6}\right)$ nach den steigenden Potenzen von β.

161) Zu *Sylvester*, on the real and imaginary roots of algebraical equations.
162) Enveloppes polaires. (1854.)
163) Integralrechnung.
164) Zur Geschichte der Mathematik (aus *Proctor*).
165) Zur Elimination der Curve 3. Grades.
166) *Laplace* mécanique céleste. 2 Hefte.
167) Ueber verschiedene mathematische Gegenstände als Focallinien des Kegels, elliptische Functionen, Potential einer in Beziehung auf ihre Umdrehungsaxe symmetrischen Ebene.
168) Lösungen einiger Aufgaben von *Grunert's* Archiv.
169) Auszüge aus Aufsätzen von *Dove, Minding, Dirichlet,* aus *Liouville (William Roberts, Michaël Roberts, Chasles, Liouville, Auguste Miquel, Lebesgue, J. A. Serret),* aus *Crelle (O. Schlömilch, Jacobi, Eisenstein, Dirichlet, Stern).*
170) Lösung von Aufgaben:
Untersuchung über die kleinste Fläche.
Zwei Sätze über geodätische Linien auf dem Ellipsoid.
Einen Kreis zu beschreiben, der drei gegebene Kreise berührt.
Ueber die kürzeste Curve auf der kleinsten Umdrehungsfläche.
Ueber die Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Aufgabe, durch zwei gegebene Kreise von gemeinschaftlicher Axe eine kleinste Fläche zu legen.
Auf der kleinsten Umdrehungsfläche ein gegebenes Areal mit der kürzesten Curve zu umschliessen.
Ueber die Curven, welche auf einer beliebigen Fläche ein gegebenes Areal mit dem kleinsten Bogen umschliessen.
Ueber die ein gegebenes Areal mit dem kürzesten Bogen umschliessende Curve auf der kleinsten Fläche.
Das Areal eines von Hauptcurven umschlossenen Vierecks auf der kleinsten Fläche ist durch einfache Integration zu finden.
Eine andere Form der Gleichung der ein gegebenes Areal umschliessenden kürzesten Curve auf einer beliebigen krummen Fläche.
Krümmungshalbmesser und Krümmungscurven der kleinsten Fläche.
*171) Ueber die Resultante eines Systems mehrerer algebraischer Gleichungen, ein Beitrag zur Theorie der Elimination.
172) Zahlenlehre. Binäre quadratische Formen. 6 Hefte.
173) Copien von Abhandlungen aus *Liouville's* Journal, *G. Gescheau, Jacobi, Gauss, Ch. Delaunay, Sturm, E. Catalan, J. Liouville, Du Hays, A. Cauchy, Sturm, A. Serret, E. Brassine, Ossian Bonnet, H. Molins, B. Amiot, J. Bertrand, Chasles, O. Rodrigues, Ch. Delaunay, A. Cayley, E. Biot, A. F. Svanberg, Michael Roberts.*
174) *Grunert's* Archiv, I. Theil, 1. Heft, 2. Heft, bis S. 178. 2. Heft von S. 179 an.
175) Copien aus *Crelle.* XXXII. 2 (*A. Cayley, J. Steiner).*
176) *Cassini's* Curve.
177) Integration nach der Ableitungsmethode.
178) Ueber eine merkwürdige Art, die Classengleichung einer Curve dritten Grades zu finden.

179) Ueber die Wendungstotalität ∞^{n-2} einer algebraischen Totalität. ∞^{n-1}.
Bemerkungen zu der Abhandlung von *Hesse* über die Curven dritter Ordnung. (*Crelle* XXXVI.)

180) Ueber die Curve 3. Classe, welche von den durch Punktpaaren einer Curve 3. Grades gelegten Graden umhüllt wird.
Im Raume ∞^n den Grad der Classengleichung einer algebraischen Fläche m^{ter} Ordnung zu finden.
Ueber die Hyperdeterminante A 4. Grades eines cubischen Polynoms mit 3 Variablen, welche in der Theorie der Wendungspunkte der Curve 3. Grades vorkommt. Neue Darstellungen der Functionen Ω, Ψ, L, M, N, P, Q, R, F.

181) Elliptische Functionen. I.

182) Notizen aus der Astronomie.

183) Démonstration analytique simple de l'équation différentielle du premier ordre représentant la ligne géodésique sur un ellipsoïde quelconque.
Théorème sur les trois cordes qu'interceptent trois surfaces homofocales sur une même droite quelconque.
Des arcs géodésiques d'égale longueur sur l'Ellipsoïde.
Deux théorèmes relatifs aux surfaces du second degré.
(Conzept zu seinen Artikeln für die Académie des Sciences à Paris).

184) Ueber ein Gewebe von zwei Dimensionen und die geodätische Linie auf demselben.

185) Zu Hesse.

186) Ueber die zwei *Heine*'schen Kugelfunctionen mit beliebigem Parameter.

187) Hypergeometrische Reihe.

188) Zu *Raabe* I, pag. 145.

189) Zu *Wolf's* Lehre von den geradlinigen Gebilden in der Ebene.

190) *C. A. Bretschneider:* Untersuchung einer dreiseitigen Pyramide. (*Grunert's* Archiv.)

*191) A consequence of Mr. *Cayley's* Theory of skew determinants.

192) Analytische Mechanik, Electrizität, Potential.

193) Ueber die Integralformeln, in denen *Bessel*'sche Functionen vorkommen und deren *Weber* in einer physikalischen Abhandlung sich bedient.

194) *Lamé*'sche Functionen. (April 1886.)

195) *Riemann*, Bestimmung einer Function durch Grenz- und Unstetigkeitsbedingungen.

196) Theorie der *Abel*'schen Functionen I, II; darin steckt auch *Kummer*, Beitrag zur Theorie der Gammafunction. *Crelle*, XXXV, September 1847.

197) Ueber cubische Formen.
Untersuchung der Zahl ε, Potenz von — 1, in den Formeln

$$\sum_0^d \left(\frac{n}{d}\right) \cos \frac{2n\pi}{d} = \varepsilon \sqrt{d}, \text{ wenn } d \equiv 1 \pmod 4.$$

$$\sum^d \left(\frac{n}{d}\right) \sin \frac{2n\pi}{d} = \varepsilon \sqrt{d}, \text{ wenn } d \equiv 3 \pmod 4.$$

Kann man von der Summe $f(c) = \sum_{0}^{n=d-1} e^{n^2 \cdot \frac{2ic\pi}{d}}$, wo c zu d prim, aus zu der folgenden Summe $\sum_{0}^{d} \left(\frac{n}{d}\right) e^{\frac{i2n\pi}{d}}$ gelangen?

198) Ansicht confocaler Flächen aus irgend einem Punkte des Raumes. (18. Januar 1880.)

199) Ursprüngliche Wurzeln, wenn der Modul Potenz einer ungeraden Primzahl ist.

200) Stellt jede reine binäre quadratische Form Primzahlen dar, die zugleich in einer gegebenen arithmetischen Reihe, wo Differenz und Term zu einander prim sind, vorkommen.

201) Ueber die Gammafunction, den Werth der Reihe $\sum_{\lambda=-\infty}^{\lambda=\infty} \frac{e^{i\lambda(\pi - d)}}{\lambda + x}$, wo λ reell, Eigenschaften der Function X (n, x).

202) Formenti, sulli funzioni ad un solo valore.

203) Elliptische Functionen. Summenreihen für Sx, Cx, Dx.

204) Ueber *Bernoulli*'sche Zahlen und Functionen.
Ueber *Bessel*'sche Functionen.

*205) Ueber die Integralformel, die ein Vieleck auf die nördliche Halbebene abbildet.

206) Herstellung der Uebergangslinien bei einer durch eine algebraische Gleichung bestimmten *Riemann*'schen Fläche.
Zerschneidung der vierblättrigen *Riemann*'schen Fläche, bis sie einfach zusammenhangend wird.

207) *Laurent*'scher Satz.

208) Construction der *Abel*'schen Integrale auf einer 2 p fach zusammenhangenden *Riemann*'schen Fläche.

209) Integrale algebraischer Functionen nach *Clebsch* und *Gordan* I. und II. Heft.

210) Zu *Dienger's* Differenzial- und Integralrechnung. 3 Hefte.

211) Aus *L. Fuchs*, zur Theorie der linearen Differenzialgleichungen mit veränderlichen Coefficienten. (Borch. 66). 2 Theile.

212) Aufgabe: Alle geodätischen Linien einer krummen Fläche sollen in Gerade einer Ebene übertragen werden können u. s. w.

213) Betrachtung eines Gewebes von 3 Dimensionen.

214) Beweis des *Beltrami*'schen Satzes über die Beschaffenheit eines Gewebes von n Dimensionen, dessen geodätische Linien in Gerade in einem linearen Continuum durch analytische Substitutionen verwandelt werden können.

215) Zur Mittheilung an die Herren Abonnenten des *Liouville*'schen Journals, eine Arbeit von *L. Schläfli*, Lehrer in Thun.

216) Die Aufgabe, einem Dreieck einen Kreis, oder einem Tetraeder eine Kugel umzuschreiben, in analytischer Allgemeinheit dargestellt.
Anwendung der gefundenen Sätze auf das Tetraeder.

217) Sätze über Kegelschnitte.
Ueber Durchmesser und Polaren einer algebraischen Curve.
Geometrische Sätze.
218) Ueber die sphärische Ellipse und den Mantel des schiefen Kegels mit kreisförmiger Basis.
219) *Enneper*: Elliptische Functionen. 2 Hefte.
*220) Zur Abhandlung über *Lame*'sche Functionen in memoriam *Chelini*, p. 277.
221) *Hermite*'s Modulargleichungen.
*222) Distribution of the surface of the third order. (Concept.) 2 Hefte.
223) Was wird erfordert, damit eine Fläche 3. Grades einen Knoten habe?
224) Geometrisches.
225) Curven 3. Grades.
226) Zahlenlehre.
227) Analysis.
228) Ein grosses Manuscript zu *Dienger*'s Differenzial- und Integralrechnung.
229) Zu *Meyer-Hirsch*'s Aufgaben.
230) Ueber reguläre Polyschema der vierfachen Totalität.
231) Einleitung in die Infinitesimalrechnung, enthält die Rechtfertigung des Rechnens mit imaginären Zahlen.
232) Ueber orthogonale Flächenschaaren, besonders über solche 2. Grades.
233) Abbildungen mittelst elliptischer Functionen.
Abbildung eines Vierecks.
234) Vorlesung über einige partielle Differenzialgleichungen. Nach *Hattendorff*'s Ausgabe *Riemann*'scher Vorlesungen. (Sommer 1870.)
235) Bemerkungen zum 2. Band von *Serret*'s Algebra.
236) Ueber elliptische Functionen, vollständige Vorlesung.
Anwendungen auf Geometrie und Mechanik enthaltend. (Nov. 1870.)
237) Differenzialgleichungen für die Störungen der elliptischen Elemente der Planetenbahnen.
238) Ueber das Tetraeder; über eine Hypokykloide.
239) Differenzial- und Integralrechnung, Beispiele von Quadraturen.
240) Directe und indirecte Differenzenrechnung.
241) *Bernoulli*'sche Zahlen und Functionen.
242) Log $\Gamma(a)$ für ein sehr grosses a.
243) Vielfache Continuität. (Den Anfang des Manuscriptes hat Herr Dr. *Gysel* in Schaffhausen.)
244) Zu *Riemann*'s Theorie der *Abel*'schen Integrale. (*Crelle* 54.) Grosses Manuscript.
245) Ueber die Entwicklung eines artiosphärischen Plagioschems.
Orthoschem, Tetraschem, Plagioschem. Artiosphäre.
246) *Tardy*, moto dei fluidi. Sulle quadrature.
247) Kugelfunctionen.
248) Infinitesimal deplacement of a rigid orthogonal system of four dimensions around a fixed point.
249) Curven 1. Grades.
250) *Kummer*, über die Divisoren gewisser Formen der Zählung, welche aus der Theorie der Kreistheilung entstehen.

251) *Kronecker's* Beweis für die Irreducibilität der Gleichung
$x^{p-1} + x^{p-2} \ldots + 1 = 0$, wenn $p = 0$ ist.
252) Quadratische Formen. *(Dirichlet.)*
Multiplication binärischer quadratischer Formen, ternäre quadratische Formen u. s. w.
253) Aus *Serret's* Algebra. 2 Hefte.
254) Euklid. 2 Hefte.
255) Reciprocität zwischen zwei Schaaren confocaler Flächen.
*256) Bemerkungen zur Abhandlung: Ueber die Begründung der Theorie der elliptischen Functionen durch die Betrachtung unendlicher Doppelprodukte.
257) Welches ist die einem Vielseit eingeschriebene Ellipse von grösstem Flächeninhalt?
258) Copien von Abhandlungen aus *Liouville's* Journal:
(Lamé, Liouville, Raabe, Catalan, J. Steiner.)
259) Electro-dynamische Untersuchungen.
260) Ueber die Transformation der Variabeln bei vielfachen Integralen.
261) Bemerkungen zu *Lefebure's* analytischer Geometrie.
262) Ueber die einhüllende Fläche der confocalen Flächen zweiten Grades.
263) Ueber die gegenseitige Bestimmung zweier Punkte mittelst Durchschnitte confocaler Flächen.
264) 1846. Wenn eine Gerade zwei confocale Flächen berührt, so stehen die durch diese Gerade gelegten Berührungsebenen beider Flächen aufeinander senkrecht; u. a. Sätze.
265) Betrachtung der Coefficienten in der Entwicklung
$z(z-1)\ldots(z-n+1) = z^n - C_1^n z^{n-1} + C_2^{n-2} z^{n-2} - \ldots$
266) Statische Untersuchungen.
267) Widerlegung einer von *Chasles* in *Liouville* XI in Betreff der geodätischen Linien auf dem Ellipsoid ausgesprochenen Behauptung.
268) Arbeiten aus *Crelle* XXXII, *Liouville* XI.
269) Sätze über Differenzialgleichungen von *Jacobi* mitgetheilt. 1843. October. Sätze über das Tetraeder.
270) (6. Aug. 1854.) Note sur les surfaces orthogonales. (Vielleicht *Liouville's* Journal.) (Nimmt Bezug auf einen Aufsatz *Serret's*. *Liouville* XII, S. 241.)
271) Analytische Behandlung der Kegelschnitte. 5 Hefte.
272) Theorie der vielfachen Continuität. 4 Hefte.
273) Determinante eines Systems linearer Gleichungen.
274) Lectur: *Lardner* und *Kater,* Mechanik der festen Körper.
Kämtz, Meteorologie etc. etc. *Poisson,* mécanique.
Fechner, Gauss, J. A. Grunert, Liouville, Pfaff. 10 Hefte.
275) Mechanik.
*276) Sopra alcune formole integrali formate da funzioni di Bessel.
277) Bestimmung nnd Function einer einzigen unabhängigen Variablen durch Bedingungen, welche längs geschlossenen Curven im Zahlenfelde des Arguments stattfinden.
278) Modulargleichungen.
279) Aufgabe, den Inhalt eines Dreiecks anzugeben, wenn dessen Ecken durch allgemeine Punktcoordinaten, die sich auf ein ganz im Endlichen liegendes Fundamentaldreiseit beziehen, gegeben sind.

280) Dr. *Sidler* stellt die Aufgabe, eine ganze Function n^{ten} Grades f(x) von der Eigenschaft zu finden, dass, wenn x abs < 1, in der Entwicklung des Produkts x Log $(1 + x)$. f(x) die Coefficienten x^{n+1}, x^{n+2}, . . . x^{2n} verschwinden.

281) Zu § 7 der Theorie der *Abel*'schen Function von *Riemann*.

282) Gebrauch des Integrationsweges zur Ermittlung einiger bestimmter Integrale. (Winter 1872/73.)

283) Complanation und Rectification der sphärischen Ellipse.

284) Ueber Kugelfunctionen.

285) Astronomisches. Beobachtungen über Sonnenfinsternisse. Kometenbeobachtungen.

286) Notizen zu Archimedes.

287) Zur Abhandlung über die partielle Differenzialgleichung

$$\frac{dw}{dt} = \frac{d^2w}{dx^2}.$$

288) Aufgabe: Die unbegrenzte Ebene ausserhalb der einen von den zwei getrennten Curven, aus denen die *Cassini*'sche Curve besteht, in das Innere eines Kreises vom Radius 1 abzubilden, so dass dem Horizont des Originals der Mittelpunkt des Bildes entspricht.

289) Zu der Lehre von den elliptischen Functionen.

290) *Cayley*, chapters in the analytical geometry of n dimensions (Cambr. M. J. IV.)

291) *Hermite*. Sur la théorie des équations modulaires et la résolution de l'équation du cinquième degré. Paris, 1859. Mit Zusätzen.

292) Potential eines elliptischen Cylinders. (Grosses Manuscript.)

293) Mathematische Physik:
Bewegung eines starren Körpers, auf den keine äussern Kräfte wirken.

294) Theorie der Gleichungen.

295) Differenzialgleichungen.

296) Flächen 3. Grades.

297) Orthogonale Flächen.

298) Bewegung eines Massenpunktes auf einem homogenen Umdrehungsellipsoid, wenn der Punkt gezwungen ist, auf der Oberfläche zu bleiben nach dem Gesetze der Schwere.

299) Zur Auflösung der partiellen Differenzialgleichung 1. Ordnung.

300) Auf einer krummen Fläche ist ein Dreieck von drei geodätischen Seiten umschlossen; die Längen dieser Seiten und die Krümmungsmaasse in den Ecken sind bekannt; man verlangt eine angenäherte Berechnung der ganzen Krümmung des Dreiecks, seiner 3 Winkel und seines Inhalts, wenn die Seiten klein genug (1. Ordnung) sind, um eine Entwickelung nach ihren steigenden Producten zu gestatten.

301) Ueber Umkehrung der Reihen.

302) Differenzialgleichungen höherer Ordnung mit 2 Variabeln.

303) Theoretische Optik.

Naturwissenschaftliche Manuscripte.

1) Aus *Poggendorff*'s Annalen LXXXIII. S. 302.
2) Ueber morphologische Botanik.
3) Notizen über botanische Ausflüge auf das Stockhorn, den Hohgant, die Simmenfluh, im Wallis, vom Sanetsch.
4) Katalog des Herbariums des Herrn Dr. *Medici* in Gravedona.

Theologische und sprachliche Studien.

1) Zu *Wilken's* persischer Chrestomathie.
2) *Lassen,* Chrestomathie. Abschnitt I. 3 Hefte.
3) Zur Edda. 3 Hefte.
4) Zu *Heinrich Barb*'s zbdë alhkaiat. (Wien 1856.) 3 Hefte.
5) *Daniel.*
6) Versuch einer Erklärung des Koheleths (mit steter Vergleichung der *Piscator*'schen Uebersetzung).
7) Morgenländische Sprachen. Viele Hefte.
8) Griechisch.
9) Sanskrit. 5 Hefte.
10) Noten zu *Delbrück*'s Rigveda. 10 Hefte.
11) Polnisch.
12) Arabisch.
13) Omar Alkiami.
14) Italienisch.
15) Bartling ordines naturales plantarum. 22 Hefte.
16) Koptische Wörter.
17) Neupersische Studien.
18) Samaritan Chronik.
19) Koran sure. 5 Hefte.
20) Exegese der Genesis.
21) Exegese des Neuen Testaments. 2 Hefte.
22) Türkisch, Sanskrit, Russisch.
23) Sanskrit, ca. 90 Hefte à 40 Quartseiten. Commentar zu Rigveda.
24) Religiöse Lieder. Alttestamentliche Stücke. Leben Kepler's.
25) Predigttexte. Gespräch zwischen Niesen und Stockhorn. (Gänzlich unbekannt.)
26) Italienisches Vocabulario.
27) Französische und deutsche Gedichte.
28) Notizen zur Kirchengeschichte.
29) „ „ Virg. Georg I.
30) „ „ Dhûrtasamâgamas.
31) Theologisches.
32) Sanskrit.
33) Schwedisch.
34) Gothisch.
35) Zu *Freitag*'s Chrestomathie. 4 Hefte.
36) Zu *Wahrmundt*'s arabischer Grammatik. I. und II.
37) Kurze arabische Grammatik.
38) Русские.

39) Fortsetzung der Bemerkungen zu der von *Delbrück* in seiner altindischen Tempuslehre gegebenen Uebersetzung von Stücken der Rigveda. 8 Hefte à 40 Quartseiten.
40) *Medford*'s Lesebuch.
41) Logik. 2 Hefte.
42) König *Alfred*'s Uebersetzung des Geschichtswerkes des Orosius. 3 Hefte.
43) Chronologie und Notizen.
44) *Galileo Galilei,* Italienisch.
45) Englische Präparationen mit Notizblättern.
46) Zu *Delbrück*'s Chrestomathie, vedisch. 9 Hefte.
47) *Stenzler.* 2 Hefte.
48) *Gylden.* 3 Hefte.
49) *Lassen.*
50) Auszüge aus italienischen Schriften.

Anhang.

Von *L. Schläfli* während seiner Wirksamkeit an der Berner Hochschule, Winter 1847/1848 bis Sommer 1891, angekündigte Vorlesungen, ein Beitrag zur Geschichte des mathematischen Unterrichts an der Hochschule Bern.

Winter 1847/1848.

Zahlenlehre und Theorien der Kettenbrüche. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung mit Anwendung auf die Geometrie. 4 Stunden.

Trigonometrie. 4 Stunden.

Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes. 4 Stunden.

Die übrigen mathematischen Vorlesungen dieses Semesters waren: *B. Gerwer* (Docent seit Sommer 1835): Arithmetische Reihen und Interpolationen; Differenzial- und Integralrechnung mit Anwendungen auf Geometrie und Mechanik; Beschreibende Geometrie mit Schatten und Perspective. — *R. Wolf* (Docent seit Sommer 1846): Die beiden Trigonometrien mit Anwendungen auf Geodäsie und Astronometrie; Analytische Mechanik.

Sommer 1848.

Mathematische Vorbereitung für Studierende der Naturwissenschaft und Medizin. 2 Stunden.

Anleitung zum kaufmännischen und statistischen Rechnen. 2 Stunden.

Mechanik mit Rücksicht auf Anwendung. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Elemente der Mathematik; Mathematische Geographie; Ueber Landesvermessung und Landkarten. — *Wolf:* Algebra und Einleitung zur höheren Analysis; Analytische Mechanik, 2. Theil; Topographie des Himmels.

Winter 1848/1849.

Anfangsgründe der Mathematik. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Ueber Landesvermessung und Landkarten; Die windschiefen Flächen; Mechanik. — *Wolf:* Praktische Geometrie mit besonderer Berücksichtigung der Lehre von den Instrumenten; Praktische Astronomie, Anleitung zum Beobachten und Rechnen.

Sommer 1849.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Höhere Geometrie nach synthetischer Methode. 2 Stunden.

Analytische Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Elemente der Mathematik mit Repetitorium; Die nächsten Anwendungen der Differenzial- und Integralrechnung auf Algebra, Geometrie, Mechanik etc.; Beschreibende Geometrie mit unmittelbarer Berücksichtigung der Praxis. — *Wolf:* Elemente der Wahrscheinlichkeitsrechnung; Praktische Geometrie, 2. Theil, Uebungen auf dem Felde; Praktische Astronomie.

Winter 1849/1850.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Gleichungen der Figuren (analytische Geometrie); Beschreibende Geometrie, 2. Theil; Dynamik. — *Wolf:* Anleitung zur praktischen Astronomie; Uebungen auf der Sternwarte als Anwendung der Anleitung zur praktischen Astronomie.

Sommer 1850.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Darstellende Geometrie. 3 Stunden.

Analytische Geometrie des Raumes. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Arithmetik und Geometrie für Praktiker; Beschreibende Geometrie mit ihren Anwendungen auf Perspective, Stein- und Holzbau, Kartenzeichnungen etc.; Elemente der höhern Mathematik. — *Wolf:* Examinatorium über die Elemente der Mathematik; Populäre Astronomie; Anleitung zum astronomischen Beobachten und Rechnen.

Winter 1850/1851.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer:* Repetitorium über Arithmetik und Geometrie; Elemente höherer Mathematik, sowohl reiner als angewandter; Industrielle Mechanik. — *Wolf:* Ebene Geometrie mit Einschluss der Trigonometrie und der Lehre von den Kegelschnitten; Uebungen auf der Sternwarte.

Sommer 1851.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Analytische Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Repetitorium der Arithmetik und Geometrie; Elemente der höheren Mathematik. — *Wolf*: Wenig bekannte Partien der ebenen Geometrie und Uebungen im Auflösen geometrischer Aufgaben durch Konstruktion und Rechnung; Anleitung zur Astrognosie.

Winter 1851/1852.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 4 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik; Analytische Geometrie; Integralrechnung. — *Wolf*: Raumgeometrie; Uebungen auf der Sternwarte.

Sommer 1852.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 4 Stunden.

Höhere Geometrie. 4 Stunden.

Mathematische Physik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik; Analytische Geometrie (Kegelschnitte); Dynamik (Fallgesetze, Wurflinien, Planetenbewegung etc.). — *Wolf*: Elemente der Astronomie; Uebungen im Gebrauche mathematischer Instrumente auf dem Felde und auf der Sternwarte.

Winter 1852/1853.

Algebra. In 3 noch zu bestimmenden Stunden.

Analytische Geometrie. 4 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Analytische Geometrie 4 Stunden; Statik, theoretisch und praktisch, 3 Stunden. — *Wolf*: Praktische Geometrie in besonderer Berücksichtigung der Instrumente, 3 Stunden. Uebungen auf der Sternwarte, in geeigneten Abendstunden.

Sommer 1853.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Mechanik in Verbindung mit den erforderlichen analytischen Hülfskenntnissen. 4 Stunden.

Geometrische Betrachtung des Wuchses der Pflanzen und Conchyliometrie, in noch zu bestimmenden Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Analytische Geometrie; Theorie der Gleichungen; Mechanik. — *Wolf*: Praktische Uebungen auf der Sternwarte.

Winter 1853/1854.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Mechanik mit Einschluss des Nothwendigsten aus der Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Repetitorium der geometrischen Botanik mit Rücksicht auf die natürlichen Familien. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Kegelschnitte; Differenzial- und Integralrechnung; Mechanik. — *Wolf*: Elemente der Astronomie; Uebungen auf der Sternwarte.

Sommer 1854.

Auf Sommer 1854 waren *Schläfli* und *Wolf* zu ausserordentlichen Professoren befördert worden, und war *Gerwer* zurückgetreten.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Daneben: *Wolf*: Geschichte des kopernikanischen Weltsystems; Uebungen auf der Sternwarte.

Winter 1854/1855.

Elemente der Mathematik. 2—3 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Darstellende Geometrie und Perspektive. 2 Stunden.

Analytische Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Wolf*: Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendungen; Populäre Astronomie.

Sommer 1855.

Elemente der Mathematik. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 4 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 6 Stunden.

Daneben: *Wolf*: Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Anwendung auf Rentenanstalten. Skrutinium etc.; Uebungen mit dem Theodoliten.

Im Oktober 1855 ward das eidgenössische Polytechnikum in Zürich eröffnet und *R. Wolf* als Professor der Astronomie dahin berufen. — Im Winter 1855/1856, im Sommer 1856 und im Winter 1856/1857 war daher *L. Schläfli* der alleinige Vertreter der Mathematik an der Berner Hochschule.

Winter 1855/1856.

Analytische Geometrie des Raumes. 4 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 6 Stunden.

Trigonometrie. 2 Stunden.

Theoretische Astronomie. 6 Stunden.

Sommer 1856.

Elemente der Mathematik. 3 mal wöchentlich.

Darstellende Geometrie. 3 mal wöchentlich.

Winter 1856/1857.

Elemente der Mathematik. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 6 Stunden.

Im Herbst 1856 war die Berner Kantonsschule eröffnet worden, in welche als Lehrer *B. Gerwer* und *G. Sidler* eintraten. *B. Gerwer* ward zugleich als ausserordentlicher Professor an die Hochschule berufen, und *G. Sidler* habilitirte sich daselbst als Privatdocent. Im Sommer 1857 und den folgenden Semestern kündigen daher neben *L. Schläfli* auch die beiden letztgenannten Vorlesungen an.

Sommer 1857.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Theorie der quadratischen Formen mit zwei ganzen Variabeln. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik; Differenzial- und Integralrechnung. — *Sidler*: Astronomie.

Winter 1857/1858.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Theorie der quadratischen Formen mit zwei ganzen Variabeln. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Mechanik; Analytische Geometrie. — *Sidler*: Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendungen auf Astronomie; Algebraische Analysis als Einleitung zur Differenzialrechnung.

Auf den Sommer 1858 hat sich auch *D. Schinz*, Lehrer an der städtischen Realschule, als Docent habilitirt.

Sommer 1858.

Lehre von den Determinenten. 3 Stunden.

Lehre von den algebraischen Kurven und Flächen überhaupt. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Integralrechnung; Darstellende Geometrie; Trigonometrie für Praktiker. — *Schinz*: Elemente der Differenzialrechnung mit Anwendung auf Geometrie und Mechanik; Repetitorium über das Vorige. Theoretische Mechanik. — *Sidler*: Ueber die Eigenschaften der ganzen Zahlen; Ueber trigonometrische Reihen.

Winter 1858/1859.

Lehre von den elliptischen Functionen. 3 Stunden.

Lehre von der Resultanten mehrerer algebraischer Gleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik (Repetitorium); Integralrechnung. — *Schinz*: Analytische Geometrie. Theorie der optischen Instrumente; Kosmische Physik. — *Sidler*: Theorie der Kräfte, die nach dem Newton'schen Gesetze wirken; Astronomie. —

Sommer 1859.

Theorie der Exponentialfunktionen und Trigonometrie. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Analytische Geometrie im Raume; Uebungen im Lösen von Aufgaben aus der höheren Mechanik. — *Schinz*: Differenzialrechnung mit Anwendung auf Probleme der Geometrie und Physik; Dampfmaschinenlehre mit besonderer Rücksicht auf Locomotiven. — *Sidler*: Elemente der Differenzial- und Integralrechnung.

Winter 1859/1860.

Lehre von den ganzen Funktionen. 3 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Mechanik. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik für Techniker; Mathematische Geographie. — *Schinz*: Probabilitätsrechnung; Populäre Astronomie. — *Sidler*: Elemente der analytischen Mechanik mit Anwendung auf die Theorie der Planetenbewegung; Planetenbewegung.

Sommer 1860.

Ueber quadratische Formen und Kreistheilung. 2 Stunden.

Ueber den Gebrauch linearer Transformationen. 3 Stunden.

Ueber die Flächen 2. und 3. Grades. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente höherer Mathematik; Mechanik. — *Schinz*: Uebersicht der Mathematik mit Einschluss der Differenzialrechnung; Theoretische Mechanik; Allgemeine Technologie mit besonderer Rücksicht auf die Schweiz, nebst Excursionen. — *Sidler*: Elemente der Differenzial- und Integralrechnung; Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte.

Winter 1860/1861.

Algebra und Analysis. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 3 St.

Daneben: *Gerwer*: Analytische Geometrie im Raume; Integralrechnung mit hauptsächlich mechanischen Anwendungen; Repetitorium der Elemente der Mathematik. — *Schinz*: Probabilitätsrechnung; Theorie der Rotationen, mit besonderer Rücksicht auf die Bewegung der Himmelskörper. — *Sidler*: Mathematische Uebungen.

Sommer 1861.

Binäre quadratische Formen. 2 Stunden.

Ueber algebraische Flächen. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik für Techniker; Analytische Geometrie; Geodäsie mit praktischen Uebungen. — *Schinz*: Uebersicht der Mathematik mit Einschluss der Differenzialrechnung; Theoretische Mechanik; Colloquium über Mathematik.

Winter 1861/1862.

Geometrie des Raumes. 2 Stunden.

Integralrechnung, 2. Hälfte. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Darstellende Geometrie; Theoretische Mechanik; Repetitorium der Mathematik. — *Schinz*: Analytische Geometrie; Ausgewählte Partien der technischen Physik, mit Experimenten; Populäre Astronomie. — *Sidler*: Astronomie in populärer Fassung; Theorie der Störungen.

Sommer 1862.

Ganze Functionen. 3 Stunden.

Kreisfunctionen. 2 Stunden.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Kegelschnitte; Theorie und Anwendung der windschiefen Flächen; Differenzial- und Integralrechnung von der praktischen Seite. — *Schinz*: Differenzialrechnung mit Anwendungen auf Geometrie und Physik; Repetitorium über Differenzialrechnung; Theoretische Mechanik mit Experimenten. — *Sidler*: Mathematische Uebungen; Astronomie.

Winter 1862/1863.

Kegelschnitte. 2 Stunden.

Algebra. 3 Stunden.

Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Kegelschnitte; Differenzial- und Integralrechnung; Mathematische Geographie. — *Schinz*: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes; Theorie der Rotationen mit besonderer Rücksicht auf die Bewegungen der Himmelskörper; Technische Physik. — *Sidler*: Differenzial- und Integralrechnung; Astronomie.

Sommer 1863.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Algebraische Curven. 3 Stunden.

Lehre von den Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik mit Repetitorium; Differenzialrechnung; Ueber Gradmessungen. — *Schinz*: Differenzialrechnung mit Anwendung auf Geometrie und Mechanik; Repetitorium darüber; Mathematik der festen und flüssigen Körper mit Einschluss der Akustik. — *Sidler*: Astronomie in populärer Behandlungsweise; Theoretische Astronomie.

Winter 1863/1864.

Analytische Geometrie des Raumes. 3 Stunden.

Theilung des Kreises. 2 Stunden.

Mechanik. 4 St.

Daneben: *Gerwer*: Allgemeine Theorie der algebraischen, insbesondere numerischen Gleichungen; Mathematisches Repetitorium; Dynamik central wirkender Kräfte. — *Schinz*: Analytische Geometrie; Populäre Astronomie; Elastizitätslehre mit Anwendung auf Akustik. — *Sidler*: Algebra; Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte.

Sommer 1864.

Zahlenlehre. 2 St.

Differenzialgleichungen. 4 Stunden.

Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Darstellende Geometrie; Theorie der algebraischen Gleichungen. — *Schinz*: Uebersicht über die Elemente der Mathematik; Mechanik der festen und flüssigen Körper. — *Sidler*: Elemente der Mathematik; Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte.

Winter 1864/1865.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Infinitesimalrechnung mit Anwendungen. 1 Stunde.

Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Differenzial- und Integralrechnung; Mathematisches Repetitorium. — *Schinz*: Analytische Geometrie mit besonderer Rücksicht auf die neuere Darstellungsweise; Differenzial- und Integralrechnung mit Anwendung auf Geometrie; Theoretische Mechanik mit Experimenten; Populäre Astronomie mit besonderer Berücksichtigung der Entdeckungen des 19. Jahrhunderts. — *Sidler*: Algebraische Analysis; Analytische Mechanik mit besonderer Berücksichtigung der nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Kräfte; Theoretische Astronomie.

Auf das Frühjahr 1865 ging Dr. *E. Schinz* von Bern weg, so dass die Mathematik nunmehr durch *Schläfli, Gerwer* und *Sidler* vertreten war.

Sommer 1865.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 4 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Theorie der algebraischen Gleichungen; Darstellende Geometrie; Analytische Mechanik. — *Sidler*: Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendung auf mathematische Geographie; Differenzial- und Integralrechnung.

Winter 1865/1866.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Darstellende Geometrie (Fortsetzung); Theorie der algebraischen Gleichungen; Analytische Mechanik. — *Sidler*: Repetitorium der Elementarmathematik; Elemente der Astronomie.

Sommer 1866.

Moderne Geometrie. 1 Stunde.

Lehre von den binären quadratischen Formen. 2 Stunden.

Lehre von den Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Integralrechnung. 3 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik; Analytische Geometrie im Raum. — *Sidler*: Elemente der Differenzial- und Integralrechnung mit Anwendungen; Populäre Astronomie; Theorie der Bewegungen der Planeten und Kometen.

Winter 1866/1867.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Kegelschnitte; Dynamik; Mathematisches Repetitorium. — *Sidler*: Theorie der Bewegung der Himmelskörper, welche die Sonne umlaufen; Astronomie in populärer Behandlungsweise; Differenzial- und Integralrechnung; Theorie der kleinsten Quadrate.

Sommer 1867.

Auf den Sommer 1867 war Herr *Blaser* als Docent eingetreten, und *Schläfli* kündigte am schwarzen Brette «für ehrliche Freunde der Wissenschaft» an:

Elementarmathematik. 1 Stunde.

Elemente der Mechanik. 2 Stunden.

Elemente der Lehre von den doppelt periodischen Functionen. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Höhere Theile der Mechanik; Geodäsie und Astronomie von der praktischen Seite; Repetitorium zu wählender Abschnitte aus reiner und angewandter Mathematik. — *Sidler*: Einleitung in die Differenzial- und Integralrechnung als Repetitorium; Populäre Astronomie. — *Blaser*: Elemente der Mathematik mit Rücksicht auf Artillerie und Genie.

Winter 1867/1868.

Algebra. 2 Stunden.

Mechanik. 2 Stunden.

Integralrechnung. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Differenzial- und Integralrechnung; Analytische Geometrie im Raume. — *Sidler*: Neuere Geometrie nach *Steiner*; Algebraische Analysis; Theoretische Astronomie. — *Blaser*: Die Elemente der Ballistik.

Sommer 1868.

Algebra. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 2 Stunden.

Integralrechnung. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Elemente der Mathematik mit Repetitorium; Analytische Geometrie im Raume; Differenzial- und Integralrechnung; *Sidler*: Synthetische Geometrie; Mechanik des Himmels; Elliptische Functionen. — *Blaser*: Elemente der Mathematik; Die Theorie des Polygonalverfahrens mit Uebungsbeispielen.

Winter 1868/1869.

Algebra. 2 Stunden.

Analytische Geometrie der Ebene. 2 Stunden.

Analytische Geometrie des Raumes. 2 Stunden.

Daneben: *Gerwer*: Analytische Mechanik; Repetitorium zu wählender Abschnitte aus reiner und angewandter Mathematik. — *Sidler*: Differenzial- und Integralrechnung; Analytische Geometrie des Raumes; Astronomie. — *Blaser*: Ballistik für Offiziere und Offiziersaspiranten; Polygonalverfahren für Forstgeometer.

Sommer 1869.

Auf den Sommer 1869 starb *Gerwer*, so dass neben *Schläfli* nur *Blaser* und *Sidler* verblieben.

Analytische Geometrie des Raumes. 2 Stunden.

Abel'sche Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 bis 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ebene und sphärische Trigonomie; Differenzial- und Integralrechnung; Astronomie. — *Blaser*: Elemente der Mathematik; Ballistik.

Winter 1869/1870.

Analytische Geometrie. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Einleitung in die Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Differenzial- und Integralrechnung; Theoretische Astronomie; Repetitorium der Elementarmathematik. — *Blaser*: Elemente der Mathematik mit Anwendungen auf Ballistik.

Sommer 1870.

Auf den Sommer 1870 hatte sich noch *E. Jenzer* als Docent habilitirt.

Algebra. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Partielle Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Differenzial- und Integralrechnung; Theoretische Astronomie. — *Blaser*: Ballistik mit Anwendungen auf Artillerie. — *Jenzer*: Einleitung in die praktische Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte; Theorie der meteorologischen Instrumente.

Winter 1870/1871.

Auf den Winter 1870/1871 habilitirte sich Herr Dr. *Cherbuliez* als Docent.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Partielle Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Geometrie von drei oder mehr Dimensionen. 2 Stunden.

Mechanik. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Synthetische Geometrie; Elemente der Differenzial- und Integralrechnung. — *Blaser*: Ballistik mit Anwendung auf Artillerie. — *Jenzer*: Einleitung in die praktische Astronomie mit Demonstrationen auf der Sternwarte; Praktische Uebungen auf der Sternwarte. — *Cherbuliez*: Geschichte der mathematisch-physikalischen Untersuchungen im 18. Jahrhundert; Analytische Mechanik, 1. Theil; Geschichte der Physik, von *Galilei* bis *Newton*.

Sommer 1871.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Analytische Geometrie. 2 Stunden.

Differenzial- und Integralrechnung. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ueber die nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Anziehungskräfte; Ueber die Bewegung der die Sonne in Kegelschnitten umlaufenden Himmelskörper. — *Blaser*: Anleitung zur Berechnung von Schusstafeln für Offiziere und Aspiranten der

Artillerie; Das Polygonalverfahren für Forstgeometer. — *Jenzer*: Einleitung in die praktische Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte. — *Cherbuliez*. Die Interferenz- und Beugungserscheinungen des Lichtes in mathematischer Behandlung; Elemente der Theorie der Kapillarität; Geschichte der Physik (Fortsetzung: *Newton's* Zeit).

Winter 1871/1872.

Mathematische Uebungen. 1 Stunde.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Mechanik. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Geometrie von mehr als drei Dimensionen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Elliptische Functionen; Neuere Geometrie. — *Blaser*: Mathemätischer Vorbereitungskurs für Offiziersaspiranten der Artillerie; Das Polygonalverfahren mit Einschluss der mathematischen Vorbereitung. — *Jenzer*: Praktische Astronomie mit Uebungen auf der Sternwarte. — *Cherbuliez*: Die Entwickelung der mathematischen Physik im 18. Jahrhundert; Die Gesetze der Strahlenbrechung und der Zurückwerfung des Lichtes; Die Elemente der mechanischen Wärmetheorie.

Sommer 1872.

Auf den Sommer 1872 trat *E. Jenzer* von seiner Thätigkeit an der Hochschule zurück.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Differenzial- und Integralrechnung; Theoretische Astronomie. — *Blaser*: Mathematischer Vorbereitungskurs für Offiziersaspiranten der Artillerie und des Genie; Polygonalverfahren mit Einschluss der mathematischen Vorbereitung. — *Cherbuliez*: Einleitung in die mathematische Physik; Elemente der Hydrodynamik in mathematischer Behandlungsweise; Mathematische Darstellung physikalischer, namentlich periodischer Erscheinungen.

Winter 1872/1873.

Auf den Winter 1872/1873 verliess Herr Dr. *Cherbuliez* Bern, so dass neben *Schläfli* nur noch *Blaser* und *Sidler* zurückblieben.

Integrale algebraischer Functionen. 4 Stunden.

Algebra. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ueber Functionen complexer Grössen; Synthetische Geometrie. — *Blaser*: Theoretischer Wiederholungskurs für Offiziere der

Artillerie und des Genie; Mathematische Uebungen aus der analytischen Optik.

Sommer 1873.

Integrale mathematischer Functionen. 4 Stunden.

Analytische Mechanik. 4 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Sphärische Astronomie. — *Blaser*: Repetitorium der elementaren Mathematik; Darstellende Geometrie mit Anwendungen.

Winter 1873/1874.

Elliptische Functionen sammt Anwendungen. 3 Stunden.

Ueber Flächen 2. Grades. 2 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler:* Ueber die Bewegungen der Planeten um die Sonne; Einleitung in die mathematische Physik. — *Blaser*: Theorie des gesetzlich vorgeschriebenen Polygonalverfahrens mit Einschluss der mathematischen Vorbereitung; Ballistik mit Anwendung zur Berechnung der Schusstafeln.

Sommer 1874.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Mathematische Uebungen. 1 Stunde.

Daneben: *Blaser*: Theorie des gesetzlich vorgeschriebenen Polygonalverfahrens, 2. Theil; Einleitung in die höhere Analysis.

Winter 1874/1875.

Zahlenlehre. 2 Stunden.

Flächen dritter Ordnung. 2 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Elemente der Differenzial- und Integralrechnung mit Anwendungen auf analytische Geometrie; Theorie der planetarischen Störungen. — *Blaser*: Elementarmathematik; Theorie des gesetzlich vorgeschriebenen Polygonalverfahrens.

Sommer 1875.

Auf das Sommersemester 1875 trat *Albert Benteli* als Docent ein.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Elemente der Differenzial- und Integralrechnung; Theorie der Mondbewegung. — *Blaser*: Ballistik für Offiziere und Aspiranten der Artillerie; Theorie des Polygonalverfahrens für angehende Forstgeometer. — *Benteli*: Darstellende Geometrie.

Winter 1875/1876.

Differenzialgleichungen. 4 Stunden.

Flächen zweiten Grades. 3 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Repetitorium über Algebra, Trigonometrie und analytische Geometrie; Synthetische Geometrie. — *Blaser*: Polygonalverfahren; Mathematischer Vorbereitungskurs für Artillerieaspiranten. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Kegelflächen, Rotationsflächen. Beleuchtungslehre.

Sommer 1876.

Integrale algebraischer Functionen. 4 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Quadratische Formen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ausgewählte Partien der analytischen Geometrie — *Blaser*: Die gleichgespannte Kettenbrückenlinie; Ebene Trigonometrie mit Anwendungen. — *Benteli*: Kegelflächen und Curvenflächen (Fortsetzung des Winterkurses).

Winter 1876/1877.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Integrale algebraischer Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Einleitung in die Infinitesimalrechnung. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie und Anwendungen der Kugelfunctionen. — *Blaser*: Theorie des Polygonalverfahrens; Mathematischer Vorbereitungskurs für Artillerieaspiranten; Trigonometrische Uebungen. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Beleuchtungslehre.

Sommer 1877.

Lehre von den Integralen algebraischer Functionen. 3 Stunden.

Functionentheorie. 3 Stunden.

Lehre von den elliptischen Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Berechnung der Bahnen der die Sonne umlaufenden Himmelskörper. — *Blaser*: Ebene Trigonometrie; Mathematischer Vorbereitungskurs für Artillerieaspiranten. — *Benteli*: Kegelflächen, Rotationsflächen; Beleuchtungslehre.

Winter 1877/1878.

Auf den Winter 1877/1878 trat *J. J. Schönholzer* als Docent ein.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Curven und Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Integrale algebraischer Functionen. 4 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler:* Theorie der planetarischen Bewegungen. — *Blaser*: Theorie des Polygonalverfahrens; Ebene Trigonometrie; Ballistik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie. — *Schönholzer:* Differenzial- und Integralrechnung; Repetitorium der Elemente der Mathematik.

Sommer 1878.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Abel'sche Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Einleitung in die Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie der planetarischen Störungen. — *Blaser*: Einleitung in die höhere Mathematik; Ebene Trigonometrie; Schiesstheorie mit Aufgaben für die Artillerie. — *Benteli*: Strahlenflächen und Rotationsflächen. — *Schönholzer*: Trigonometrische und analytische Geometrie der Ebene; Mechanische Wärmetheorie.

Winter 1878/1879.

Auf den Winter 1878/1879 trat Dr. *Johann Heinrich Graf* als Docent ein.

Differenzial- und Integralrechnung. 3 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 3 Stunden.

Integrale algebraische Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Mathematische Geographie und Uebersicht der Erscheinungen am gestirnten Himmel. — *Blaser*: Ebene Trigonometrie; Mathematischer Vorbereitungskurs für Artillerieaspiranten; Ballistik mit Behandlung von Aufgaben aus der Artillerie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie: Strahlenflächen und Rotationsflächen mit Uebungen; Mechanik des technischen Zeichnens mit Uebungen. — *Schönholzer*: Theorie der höheren Gleichungen; Analytische Geometrie; Mathematische Uebungen. — *Graf*: Einleitung in die mechanische Wärmetheorie; Ausgewählte Gebiete der Geometrie.

Sommer 1879.

Auf den Sommer 1879 trat Dr. *Fr. Gräfe* als Docent ein.

Quadratische Formen. 3 Stunden.

Integralrechnung. 4 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen, 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Einleitung in die synthetische Geometrie; Die Erscheinungen am gestirnten Himmel. — *Blaser*: Einleitung in die Differenzial- und Integralrechnung; Ebene Trigonometrie; Algebra und Geometrie; Ballistik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie mit Uebungen. — *Schönholzer*: Differenzial- und Integralrechnung; Analytische Geometrie; Repetitorium der Elemente der Mathematik. — *Graf*: Theoretische Mechanik; Ausgewählte Gebiete der Geometrie; Algebraische Analysis. — *Gräfe*: Geschichte der mathematischen Wissenschaften der Griechen; Anwendung der Differenzial- und Integralrechnung (Theorie der Curven doppelter Krümmung und der Flächen); Theorie der *Fourier'schen* Reihen und Integrale.

Winter 1879/1880.

Einleitung in die Infinitesimalrechnung. 3 Stunden.

Integralrechnung. 3 Stunden.

Analytische Geometrie. 2 Stunden.

Lehre von den quadratischen Formen. 2 Stunden.

Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Synthetische Geometrie; Theoretische Astronomie. — *Blaser*: Ballistik; Einleitung in die Differenzial- und Integralrechnung; Theorie des Polygonarverfahrens; Ebene und sphärische Trigonometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie: Curven, Strahlenflächen und Rotationsflächen; Methodik des technischen Zeichnens. — *Schönholzer*: Ausgewählte Kapitel der Mathematik; Algebraische Analysis; Analytische Geometrie der Ebene. — *Graf*: Mechanische Wärmetheorie; Geometrie; Algebraische Analysis. — *Gräfe*: Theorie der höheren Gleichungen; Elliptische Functionen und Integrale; Repetitorium der niedern Mathematik.

Sommer 1880.

Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Mechanik. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Synthetische Geometrie der Kegelschnitte. — *Blaser*: Ebene Trigonometrie; Theorie des Polygonarverfahrens. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie. — *Schönholzer*: Differenzial- und Integralrechnung; Analytische Geometrie der Ebene; Elemente der Mathematik. — *Graf*: Theoretische Mechanik; Ausgewählte Gebiete der Mathematik; Differenzialgleichungen. — *Gräfe*: Theorie der Maxima und Minima (Einleitung in die Variationsrechnung); Theorie der Determinanten; Ausgewählte Kapitel aus der Differenzial- und Integralrechnung.

Winter 1880/1881.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie der planetarischen Bewegungen. — *Blaser*: Ballistik; Theorie des Polygonarverfahrens; Ebene Trigonometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie (Dreikant, Curven, Strahlenflächen, Rotationsflächen); Methode des technischen Zeichnens; Repetitorium der darstellenden Geometrie. — *Schönholzer*: Theorie der Gleichungen; Mathematische Uebungen; Algebraische Analysis. — *Graf*: Mechanische Wärmetheorie; Theorie der complexen Zahlen und unendlichen Reihen; Ausgewählte Gebiete der Geometrie. — *Gräfe*: Repetitorium der niedern Mathematik mit Uebungen; Sphärische Trigonometrie als Einleitung in die Theorie der elliptischen Functionen; Anwendung der Differenzial- und Integralrechnung auf Curven und Flächen; Analytische Geometrie des Raumes.

Sommer 1881.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Mathematische Geographie; Ausgewählte Kapitel aus der synthetischen Geometrie. — *Blaser*: Vorbereitungskurs für Aspiranten der Artillerie; Ballistik; Ebene Trigonometrie. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie, theoretischer und praktischer Theil; Praktische Geometrie. — *Schönholzer*: Analytische Geometrie; Algebraische Analysis, 2. Theil; Mathematische Uebungen. — *Graf*: Theoretische Mechanik; Mechanische Behandlung der Elektrizität. — *Gräfe*: Theorie der Gleichungen; Ausgewählte Kapitel aus der Differenzial- und Integralrechnung; Wahrscheinlichkeitsrechnung (Methode der kleinsten Quadrate); Geschichte der Mathematik im 17. und 18. Jahrhundert.

Winter 1881/1882.

Infinitesimalrechnung. 2 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie und Anwendung der Potentialfunctionen. — *Blaser*: Ballistik mit Berechnung von Schusstafeln; Theorie des Polygonarverfahrens; Ebene Trigonometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie (Dreikant, Curven, Strahlenflächen, Rotationsflächen); Repetitorium der darstellenden Geometrie; Methodik des technischen Zeichnens; Praktische Geometrie; Repetitorium der praktischen Geometrie. — *Schönholzer*: Integralrechnung; Repetitorium; Geometrie. — *Graf*: Mechanische Wärmetheorie; Mechanische Behandlung der Elektrizität; Mathematische Uebungen. — *Gräfe*: Algebraische Analysis; Ebene und sphärische Trigonometrie; Einleitung in die Differenzial- und Integralrechnung.

Sommer 1882.

Auf den Sommer 1882 ging Dr. *Gräfe* von Bern weg.

Infinitesimalrechnung. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ausgewählte Abschnitte der theoretischen Astronomie. — *Blaser*: Vorbereitungskurs für Offiziersaspiranten der Artillerie und des Genie; Einleitung in die höhere Analysis; Die Probleme der Statik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie-Uebungen. — *Schönholzer*: Differenzial- und Integralrechnung; Repetitorium der Algebra; Ausgewählte Kapitel der Geometrie. — *Graf*: Theoretische Mechanik; Mechanische Behandlung der Elektrizität; Mathematische Uebungen.

Winter 1882/1883.

Integralrechnung. 3 Stunden.

Besondere Theile der Mechanik. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie der planetarischen Störungen. — *Blaser*: Vorbereitungskurs für Offiziersaspiranten der Artillerie und des Genie; Einleitung in die höhere Analysis; Ebene Trigonometrie; *Benteli*: Darstellende Geometrie, 1. Theil, Elemente; Darstellende Geometrie, 2. Theil, Curven, Strahlenflächen und Rotationsflächen; Repetitorium der darstellenden Geometrie; Methodik des technischen Zeichnens; Praktische Geometrie, 1. Theil; Praktische Geometrie, Ergänzungen und Repetitorium. — *Schönholzer*: Integralrechnung; Algebraische Analysis; Analytische Geometrie der Ebene; Mathematische Uebungen. — *Graf*: Mechanische Behandlung der Elektrizität; Mechanische Wärmetheorie; Mathematische Uebungen.

Sommer 1883.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie der Mondbewegung; Synthetische Geometrie. — *Blaser*: Theorie des Polygonarverfahrens; Einleitung in die höhere Analysis; Die Probleme der Statik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie; Uebungen. — *Schönholzer*: Differenzialrechnung; Elemente der Mechanik; Analytische Geometrie (Fortsetzung); Ueber einige Differenzialgleichungen der Physik. — *Graf*: Theoretische Mechanik; Mechanische Behandlung der Elektrizität; Mathematische Uebungen.

Winter 1883/1884.

Analytische Mechanik. 5 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 1 Stunde.

Daneben: *Sidler*: Elemente der Astronomie; Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie. — *Blaser*: Vorbereitungskurs für Aspiranten der Artillerie und des Genie; Ballistik; Ebene Trigonometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie, 2. Theil, Strahlenflächen und Rotationsflächen; Repetitorium der darstellenden Geometrie; Methodik des technischen Zeichnens; Praktische Geometrie, 1. Theil; Praktische Geometrie, Ergänzungen und Repetitorium. — *Schönholzer:* Integralrechnung; Theorie der Gleichungen; Algebraische Analysis; Analytische Geometrie. — *Graf:* Mechanische Behandlung der Elektrizität; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik; Mathematische Uebungen.

Sommer 1884.

Auf den Sommer 1884 traten *A. Leuch* und Dr. *G. Huber* als Docenten ein; es starb aber *Schönholzer* im Januar 1884.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Integralrechnung. 3 Stunden.

Behandlung physikalischer Aufgaben. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler:* Ausgewählte Partien der Astronomie; Elemente der Infinitesimalrechnung. — *Blaser:* Ballistik; Ebene Trigonometrie; Sphärische Trigonometrie. — *Benteli:* Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie, Uebungen. — *Graf*: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik; Differenzial- und Integralrechnung; Mathematische Uebungen. — *Leuch*: Algebraische Analysis mit Repetitorium; Analytische Geometrie mit Repetitorium; Höhere Astronomie; Differenzialgleichungen; Geometrie der Lage; Theoretische Mechanik; Methode der kleinsten Quadrate. — *Huber:* Physikalisches Praktikum; Differenzial- und Integralrechnung; Einleitung in die höhere Analysis; Ebene Trigonometrie; Analytische Geometrie des Raumes; Mathematische Uebungen.

Winter 1884/1885.

Kugelfunctionen und *Bessel'sche* Functionen. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Analytische Stereometrie. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie und Anwendungen der Potentialfunction; Ueber die Einrichtung des Kalenders. — *Blaser:* Theorie des Katasterverfahrens; Ballistik; Ebene Trigonometrie; Stereometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie, 2. Theil, Curven, Strahlenflächen, Rotationsflächen; Repetitorium der darstellenden Geometrie; Methodik des technischen Zeichnens; Praktische Geometrie, 1. Theil; Praktische Geometrie, Ergänzungen und Repetitorium. — *Graf*: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik; Mechanische Wärmetheorie; Auswerthung bestimmter Integrale mit Hülfe von Veränderung des Integrationsweges; Mathematische Uebungen. — *Leuch*: Algebraische Analysis mit Repetitorium; Analytische Geometrie mit Repetitorium; Höhere Analysis; Geometrie der Lage; Analytische Mechanik; Uebungen im Vortrag. — *Huber*: Physikalisches Praktikum; Differenzial- und Integralrechnung und Uebun-

gen dazu; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen auf mathematische Geographie und Astronomie; Theorie der Functionen einer complexen Variabeln.

Sommer 1885.

Auf den Sommer 1885 trat Dr. *Bigler* als Docent ein.

Kugelfunctionen. 3 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Mathematische Uebungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Mathematische Geographie; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate. — *Blaser*: Mathematischer Vorbereitungskurs für Aspiranten der Artillerie und des Genie; Ebene Trigonometrie; Ballistik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie, Uebungen auf dem Terrain. — *Graf*: Auswerthung bestimmter Integrale mittelst Veränderung des Integrationsweges; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Optik; Theorie der algebraischen Gleichungen. — *Leuch*: Algebraische Analysis; Analytische Geometrie; Höhere Analysis; Uebungen im Vortragen; Analytische Mechanik; Analytische Geometrie der Linien und Flächen; Projektive Geometrie. — *Huber*: Differenzial- und Integralrechnung mit Uebungen; Ebene Trigonometrie; Algebraische Gleichungen; Determinantentheorie. — *Bigler*: Mathematische Uebungen; Theoretische Optik; Das Potential.

Winter 1885/1886.

Kugelfunctionen und *Bessel'sche* Functionen. 3 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Infinitesimalrechnung. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ausgewählte Kapitel der Geometrie; Ueber die Bewegung der die Sonne in Kegelschnitten umlaufenden Himmelskörper. — *Blaser*: Mathematischer Vorbereitungskurs für Offiziersaspiranten der Artillerie und des Genie; Ebene Trigonometrie; Theorie des Katasterverfahrens; Probleme der Statistik. — *Benteli*: Darstellende Geometrie, 2. Theil, Curven, Strahlenflächen, Rotationsflächen; Darstellende Geometrie, Repetitorium und Vortragsübungen; Methodik des technischen Zeichnens; Praktische Geometrie, 1. Theil; Praktische Geometrie, Ergänzungen und Repetitorium. — *Graf*: Bestimmte Integrale; Repetitorium der Analysis; Die Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie; Theoretische Optik (Polarisation). — *Leuch*: Algebraische Analysis, Fortsetzung; Analytische Geometrie, Fortsetzung; Sphärische Trigonometrie; Differenzial- und Integralrechnung; Methodik des mathematischen Unterrichts; Repetitorium der analytischen Geometrie und der Differenzial- und Integralrechnung; Differenzialgleichungen. — *Huber*: Integralrechnung mit Uebungen; Sphärische Trigonometrie und mathematische Geographie; Analytische Geometrie der höhern ebenen Curven. — *Bigler*: Das Potential; Differenzialgleichungen; Integralrechnung.

Sommer 1886.

Binäre quadratische Formen. 5 Stunden.

Integralrechnung. 2 Stunden.

Hypergeometrische Reihen und Verwandtes. 3 Stunden.

Flächen zweiten Grades. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ueber Ellipsenbogen, deren Differenz algebraisch darstellbar ist. — *Blaser*: Mathematischer Vorbereitungskurs für Aspiranten der Artillerie und des Genie; Ebene Trigonometrie; Ballistik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie; Uebungen auf dem Terrain. — *Graf*: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Optik; Probleme der theoretischen Mechanik; Bestimmte Integrale; Repetitorium der Analysis. — *Leuch*: Ebene Trigonometrie mit Anwendungen; Analytische Geometrie der Ebene, 1. Theil; Algebraische Analysis, incl. Gleichungen; Differenzialrechnung mit Uebungen; Theorie und Anwendung der trimetrischen Punkt- und Liniencoordinaten; Biordinale Transformationen; Ausgewählte Kapitel aus der Astronomie. — *Huber*: Differenzialrechnung mit Uebungen; Ebene Trigonometrie; Determinantentheorie; *Fourier'sche* Reihen und Integrale mit Anwendung auf Physik. — *Bigler*: Theoretische Optik; Analytische Geometrie; Differenzialrechnung.

Winter 1886/1887.

Auf den Winter 1886/1887 starb *Blaser*.

Anwendung des Integrationsweges auf bestimmte Integrale. 2 St

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Mathematische Geographie; Synthetische Geometrie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie, Curven, Strahlenflächen, Rotationsflächen; Darstellende Geometrie, Repetitionen und Vortragsübungen; Schattenlehre; Methodik des Linearzeichnens; Praktische Geometrie, 1. Theil; Praktische Geometrie, Ergänzungen und Repetitorium. — *Graf:* Geschichte der schweizerischen Kartographie mit Demonstrationen; Die Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie; Bestimmte Integrale; Repetitorium der Analysis. — *Leuch*: Mathematischer Kurs für Lehramtskandidaten; Elemente der synthetischen Geometrie; Geographische Ortsbestimmung; Renten- und Lebensversicherung. — *Huber*: Integralrechnung mit Uebungen; Sphärische Trigonometrie mit Anwendung auf mathematische Geographie; Analysis der Geometrie des Raumes; Repetitorium der Mathematik. — *Bigler:* Mathematische Statistik; Analytische Geometrie; Algebra; Theoretische Optik.

Sommer 1887.

Auf den Sommer 1887 ging Dr. *Bigler* von Bern fort.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Analytische Mechanik. 3 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Das ebene Dreieck in synthetischer Behandlung; Theoretische Astronomie. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie, Uebungen auf dem Terrain. — *Graf:* Geschichte der schweizerischen Kartographie; Ausgewählte Kapitel der

theoretischen Elektrizitätslehre; Repetitorium der Analysis; Auswerthung bestimmter Integrale durch Veränderung des Weges. — *Leuch:* Algebraische Analysis, 1. Theil; Ebene Trigonometrie; Analytische Geometrie, 1. Theil; Elemente der Differenzialrechnung; Projektivische Geometrie; Ausgewählte Kapitel aus der Astronomie; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik. — *Huber*: Differenzialrechnung mit Uebungen; Analytische Geometrie der Ebene; Determinantentheorie; *Fourier'sche* Reihen und Integrale mit Anwendungen auf Physik.

Winter 1887/1888.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Elliptische Functionen. 3 Stunden.

Flächen zweiten Grades. 3 Stunden.

Flächen dritten Grades. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Synthetische Geometrie der Kegelschnitte; Mathematische Geographie. — *Benteli:* Darstellende Geometrie; Praktische Geometrie; Methodik des Zeichnens; Repetitorium der darstellenden Geometrie. — *Graf*: Einleitung in die mechanische Wärmetheorie; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrizitätslehre; Repetitorium der Analysis; Kartographie. — *Leuch*: Algebraische Analysis (Fortsetzung); Analytische Geometrie der Ebene (Fortsetzung); Sphärische Trigonometrie und mathematische Geographie; Integralrechnung mit Uebungen; die projectivischen Gebilde 1. Stufe und die Erzeugnisse ihrer Verbindung; Astronomie. — *Huber*: Algebraische Analysis, 2. Theil; Sphärische Trigonometrie mit Anwendung auf die mathematische Geographie; Analytische Geometrie der Ebene der Kegelschnitte; Uebungen zu obigen; Integralrechnung mit Uebungen; Repetitorium der Mathematik.

Sommer 1888.

Dr. Ch. Moser tritt als Docent auf.

Differenzialgleichungen. ? Stunden.

Fonctions de Lamé. ? Stunden.

Flächen dritten Grades. ? Stunden.

Flächen zweiten Grades. ? Stunden.

Daneben: *Sidler*: Ausgewählte Kapitel synthetischer Geometrie; Ueber Ellipsenbogen, deren Differenz rectifizirbar ist. — *Benteli:* Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie, Uebungen auf dem Felde. — *Graf*: Repetitorium der Analysis; Theorie des Potentials; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrizitätslehre; Bestimmte Integrale mit Uebungen; Geschichte der schweizerischen Kartographie seit dem 18. Jahrhundert. — *Leuch:* Allgemeine Analysis; Ebene Trigonometrie; Analytische Geometrie der Ebene; Elemente der Differenzialrechnung, Uebungen dazu; Theorie der Finsternisse und Bedeckungen. — *Huber*: Algebraische Analysis, 1. Theil; Ebene Trigonometrie; Analytische Geometrie der Ebene; Mathematische Uebungen; Functionentheorie. — *Moser*: Ein besonderes System von Curven und Flächen; Ebene Trigonometrie mit Anwendungen auf die praktische Geometrie; Behandlung ausgewählter Stoffe und Aufgaben im mathematisch-naturwissenschaftlichen Seminar.

Winter 1888/1889.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Fonctions de Lamé. 3 Stunden.

Flächen zweiten Grades. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie und Anwendung von Potentialfunctionen; das ebene Dreieck. — *Benteli*: Darstellende Geometrie und Repetitorium; Methodik des Linearzeichnens; Schatten- und Beleuchtungslehre; Praktische Geometrie. — *Graf*: Geschichte der Kartographie der Schweiz; Repetitorium der analytischen Geometrie der Ebene; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Optik; bestimmte Integrale mit Uebungen. — *Leuch*: Mathematik an der Lehramtsschule; Elliptische Integrale; Zeit- und Polhöhebestimmungen; Differenzialgleichungen. — *Huber*: Algebraische Analysis 2. Theil, analytische Geometrie; Sphärische Trigonometrie mit mathematischer Geographie; Mathematische Uebungen; Integralrechnung; Repetitorium der Mathematik. — *Moser*: Einleitung in die Theorie der Potentialfunctionen; Einige höhere ebene Curven etc.; Uebungen.

Sommer 1889.

Elliptische Integrale. 2 Stunden.

Flächen dritten Grades. 2 Stunden.

Differenzialgleichungen. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Theorie der Potentialfunctionen; Ellipsenbogen mit rectifizirbarer Differenz. — *Benteli*: Darstellende Geometrie; Praktische Geometrie. — *Graf*: Schweizerische Kartographie seit dem 18. Jahrhundert; Repetitorium der Analysis; Bestimmte Integrale; Theoretische Mechanik. — *Leuch*: Mathematik an der Lehramtsschule; Astronomie; Geometrie der Lage; Mathematische Colloquien; Mechanik. — *Huber*: Algebraische Analysis; Analytische Geometrie; Uebungen; Differenzialrechnung; Determinanten; Mathematische Statistik. — *Moser*: Integration; Mathematische Physik; Uebungen.

Winter 1889/1890.

Fonctions de Laplace. 2 Stunden.

Binäre quadratische Formen. 3 Stunden.

Elimination. 3 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Potentialfunctionen; Ueber den Kalender; — *Benteli*: Darstellende Geometrie mit Repetitorium; Methodik des Zeichnens; Praktische Geometrie. — *Graf*: Schweizerische Kartographie; Theoretische Kartographie; Repetitorium der Analysis; Bestimmte Integrale; Theorie des Potential; *Leuch*: Sphärische Trigonometrie mit mathematischer Geographie; Analytische Geometrie der Kegelschnitte; Algebraische Analysis; Integralrechnung; Repetitorium der Mathematik; Astronomie; Methode der kleinsten Quadrate. — *Huber*: Algebraische Analysis; Mathematische Geometrie der Kegelschnitte und des Raumes; Sphärische Trigonometrie etc.; Mathematische Uebungen; Repetitorium; Integralrechnung. — *Moser*: Integrationen; mathematische Physik; Uebungen.

Sommer 1890.

Dr. *E. Ott* wird als ausserordentlicher Professor der Mathematik an der Lehramtsschule und an der philosoph. Fakultät gewählt.

Differenzialgleichungen. 3 Stunden.

Fonctions de Laplace. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Das Problem der drei Körper. — *Ott*: Algebra; Geometrie etc.; Ebene Trigonometrie; Uebungen; Elemente der Differenzialrechnung; Analytische Geometrie; Uebungen. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische Geometrie. — *Graf*: Repetitorium der Analysis; Bestimmte Integrale; Einleitung in die Kartographie der Schweiz; Anwendung des Potentials auf Elektrizität. — *Leuch*: Ebene Trigonometrie; Algebra; Analysis, 1. Theil; Analytische Geometrie, 1. Theil; Differenzialrechnung; Mathematische Uebungen und Repetitorium; Differenzialgleichungen; Geometrie der Lage; Mechanik des Himmels. — *Huber*: Ebene Trigonometrie; Algebraische Analysis, 1. Theil; Analytische Geometrie; Mathematische Uebungen; Differenzialrechnung; *Fourier*'sche Reihen und Integrale mit Anwendung auf Physik. — *Moser*: Ueber einige Functionen von Differenzialgleichungen zweiter Ordnung; Uebungen.

Dr. *J. H. Graf* und Dr. *G. Huber* werden als ausserordentliche Professoren der Mathematik an die Hochschule gewählt.

Winter 1890/1891.

Lamé'sche Functionen. 2 Stunden.

Elliptische Functionen. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler*: Mathematische Geometrie des Dreiecks. — *Ott*: Algebra, 2. Theil; Sphärische Trigonometrie und mathematische Uebungen; Integralrechnung; analytische Geometrie, 2. Theil, Uebungen. — *Graf* Repetitorium der Analysis; Anwendung des Potentials auf Elektrizität; Kartographie der Schweiz; Hauptkapitel theoretischer Mechanik; Bestimmte Integrale; — *Huber*: Integralrechnung; Synthetische Geometrie; Repetitorium; Mechanische Wärmetheorie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie und Repetitorium; Praktische Geometrie. — *Leuch*: Geometrie der Bewegung; Astronomische Zeitbestimmung; Anwendung von Differenzial- und Integralrechnung auf Geometrie und Mechanik; Ausgewählte Partien analytischer Mechanik. — *Moser*: Uebungen; Ueber gegenseitige Beziehungen der Wurzelwerthe einer speziellen Function der mathematischen Physik.

Sommer 1891.

Fonctions de Lamé. 2 Stunden.

Zahlenlehre. 3 Stunden.

Fonctions elliptiques. 2 Stunden.

Daneben: *Sidler:* Synthetische Geometrie der Kegelschnitte. — *Ott*: Algebra, 1. Theil; Goniometrie und ebene Trigonometrie; Mathematische Uebungen; Differenzialgleichungen; Analytische Geometrie, 1 Theil.

Graf: Repetitorium der Analysis; Bestimmte Integrale; Differenzialgleichungen; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Elektrizitätslehre; Geschichte der schweizerischen Kartographie. — *Huber*: Analytische Geometrie des Raumes; Einleitung in die synthetische Geometrie; Determinantentheorie; Elliptische Integrale; Physikalische Optik. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie; Praktische geometrische Uebungen. — *Leuch*: Geometrie der Bewegung; Analytische Mechanik. — *Moser*: Uebungen mathematisch-naturwissenschaftlichen und versicherungstechnischen Inhalts.

Winter 1891/1892.

Schläfli liest nicht mehr.

Sidler: Theoretische Astronomie. — *Ott*: Analysis; Sphärische Trigonometrie; Mathematische Geographie; Integralrechnung; Analytische Geometrie, 2. Theil, und Uebungen. — *Graf*: Repetitorium der Analysis; Bestimmte Integrale; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrizitätslehre; Theoretische Mechanik. — *Huber*: Theorie der Formeln und Integrale einer complexen Variablen; Elliptische Integrale; Synthetische Geometrie der Kegelschnitte; Einleitung in die mechanische Wärmetheorie. — *Benteli*: Darstellende Geometrie; Praktische Geometrie. — *Leuch*: Kinematik; Astronomie. — *Moser*: Einleitung in die theoretische Behandlung der Unfall- und Krankenversicherung; Aufgaben der mathematischen Physik.

Sommer 1892.

Sidler: Geometrische Uebungen. — *Huber*: Einleitung in die synthetische Geometrie; Repetitorium der Differenzial- und Integralrechnung; Elliptische Functionen; *Fourier'sche* Reihen; — *Graf*: Repetitorium der Analysis; *Bessel'sche* Functionen; Curven dritten Grades; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrizitätslehre; Geschichte der schweizerischen Kartographie. — *Ott*: Algebra; Ebene Trigonometrie; Mathematische Uebungen; Differenzialrechnung; Analytische Geometrie; Uebungen. — *Benteli*: Elemente der darstellenden Geometrie. — Praktische Geometrie. — *Moser*: *Bernoulli's* Theorem und seine Beziehungen zu einer rationellen Statistik; Aufgaben. — *Leuch*: Géometrie analytique; calcul différentiel et intégral.

Winter 1892/1893.

Prof. Dr. *Graf* wird als ordentlicher Professor und Nachfolger *Schläfli's* gewählt.

Inhalts-Verzeichniss.

	Seite der Sitzungsberichte	Seite der Abhandlungen
Jahresbericht pro 1894/95	III	
Jahresrechnung pro 1894	XVIII	
Mitgliederverzeichniss pro 31. XII 1895 . . .	XIII	
Baltzer A., Dr. phil. und Professor,		
Sinterbildungen von Hammam Meskoutine . . .	VII	
Der Aaregletscher in der Diluvialzeit . . .	XII	
Vom Rande der Wüste (mit 3 Tafeln) . . .		13
Brückner Ed., Prof. Dr.,		
Hydrometrische Untersuchungen an der Rhone . .	VI	
Demonstrationen mit dem Projectionsapparat des Hochschulvereins	VII	
Der Gletscherbruch an der Altels	XI	
Coaz J., Eidg. Oberforstinspector,		
Die Gletscherbewegung im Jahr 1894 . . .	VI	
Eggenberger J., Dr. phil.,		
Ueber eine Eigenschaft einer Gammafunction mit einer Potenz als Argument		8
Enz, Professor in Solothurn,		
Die neuen Theorien der Hagelbildung . . .	XI	
Epstein S., Dr. phil.,		
Erkenntnisstheorie und exakte Wissenschaft . .	VI	
v. Fellenberg E., Dr. phil. und Bergingenieur,		
Vorweisung einiger neuer Acquisitionen des naturhistorischen Museums	IX	
Fischer E., Prof. Dr.,		
Ueber die Pilzgruppe der Phalloideen . . .	VIII	
Neuere Untersuchungen über die Rostpilze . .	IX	
Vorweisung von Photographien einer Anzahl von Phalloideen	XII	
Tuberaceen aus dem Jura	XII	
Fischer L., Prof. Dr.,		
Demonstration einer Sammlung ausländischer Moose .	IX	
Frey H., Dr. phil., Gymnasiallehrer und Docent,		
Vorweisung von Calcitkrystallen aus dem Lötschenthal und Baltschiederthal	VIII	
Graf J. H., Prof. Dr.,		
Ludwig Schläfli (1814-1895) (mit Bild und Facsimile)		120
Huber G., Prof. Dr.,		
Ueber die Erweiterung des infrarothen Sonnenspektrums und über die Photographie der Strahlen kleinster Wellenlängen	VII	

	Seite der Sitzungsberichte	Seite der Abhandlungen
Kissling E., Dr. phil., Sekundarlehrer und Docent,		
Ueber neue Arten, die in der marinen Molasse des Belpberges gefunden worden sind	IX	
Klippen, Chablaiszone und bunte Nagelfluh . .	IX	
Die Herkunft der bunten Nagelfluh	XI	
Rossel A., Prof. Dr.,		
Demonstration des Calciumcarbidlichtes . . .	XI	
Herstellung von neuen chemischen Verbindungen bei Anwendung hoher Temperaturen	XII	
Les parasites végétaux de la vigne provenant de l'introduction de la vigne américaine et les moyens de les combattre. Epidémie de Mildew 1894 . .		38
Schaffer F., Dr. phil., Kantonschemiker,		
Vorweisung eines Petrolprüfungsapparates und eines Viscosimeters von Engler	XII	
Steck Th., Dr. phil., Conservator,		
Systematik und Biologie der Schlupfwespen . .	XII	
Studer B., junior,		
Beiträge zur Kenntniss der schweiz. Pilze (Wallis).		1
Studer Th., Dr. phil., Professor,		
Hirschformen und schweineartige Thiere unserer Molasse	VI	
Tertiäre Hirsche	XI	
Ueber Pithecanthropus erectus Dubois . . .	XII	
Zwei Krebsreste der marinen Molasse . . .	XII	
Tschirch A., Prof. Dr.,		
Vegetationsbilder aus den Tropen	VII	
Photographie des ultravioletten Spektrums . .	VII	
Ueber die Anwendung der Photographie zur Lösung moderner wissenschaftlicher und praktischer Streitfragen	XI	
Wagner C., Dr. phil.,		
Ueber die Darstellung einiger bestimmter Integrale durch Bessel'sche Functionen.		115
Zeller J. R., Dr. phil. und Lehrer an der Töchternschule,		
Ein geologisches Querprofil durch die Centralalpen (mit Tafel und vielen Abbildungen im Text). .	VI	45

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

(Fortsetzung von Seite 2 des Umschlags.)

Fascikel V 6 a—c: *Architektur, Plastik, Malerei.* Zusammengestellt von Dr. B. Haendcke. Bern 1892. 100 Seiten 8°. Preis Fr. 2. —

Fascikel V 9 a b: *Landwirthschaft.* Zusammengestellt v. Prof. F. Anderegg u. Dr. E. Anderegg. Bern 1893. Heft 1—3. 258 S. 8° à Fr. 3. —
id. „ 4 „ —. 60
id. „ 5 und 6 à „ 2. —

Fascikel V 9 c: *Forstwesen, Jagd und Fischerei.* II. Forstwesen. Zusammengestellt durch das eidgen. Oberforstinspektorat. Bern 1894. 160 Seiten 8°. Preis Fr. 2. —

Fascikel V 9 d: *Schutzbauten.* Zusammengestellt durch das eidgen. Oberforstinspektorat. Bern 1895. 136 Seiten 8°. Preis Fr. 2. —

Fascikel V 9 g β: *Mass und Gewicht.* Bearbeitet von F. Ris, Direktor der eidgen. Eichstätte. Bern 1894. 36 Seiten 8°. Preis Fr. 1. —

Fascikel V 9 g γ: *Post- und Telegraphenwesen.*
Postwesen. Zusammengestellt von der Schweizer. Oberpost-Direktion.
Telegraphenwesen. Zusammengestellt von E. Abrezol, Inspektor der Central-Telegraphenverwaltung. Bern 1895. 113 Seiten 8°. Preis Fr. 2. —

Fascikel V 9 g ε: *Bankwesen, Handelsstatistik, Versicherungswesen.* Zusammengestellt von W. Speiser, Basel, Dr. Geering und Dr. J. J. Kummer. Bern 1893. 207 Seiten 8°. Preis Fr. 3. —

Fascikel V 9 j: *Alkohol und Alkoholismus.* Zusammengestellt von Otto Lauterburg, Pfarrer in Neuenegg, E. W. Milliet, Direktor der eidgen. Alkoholverwaltung, und Antony Rochat, Pfarrer in Satigny. Bern 1895. 183 Seiten 8°. Preis Fr. 2. —

Fascikel V 10 e γ: *Die christkatholische Litteratur der Schweiz.* Zusammengestellt v. Dr. F. Lauchert. Bern 1893. 32 Seiten 8°. 60 Cts.

Fascikel V 10 e: *Die katholisch-theologische und kirchliche Litteratur des Bisthums Basel* vom Jahre 1750 bis zum Jahre 1893. Zusammengestellt von Pfr. Ludwig R. Schmidlin in Biberist.
Heft 1 und 2 à Fr. 3. —

Durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Verlag von K. J. WYSS in Bern.

Graf, J. H., Prof., Dr. *Einleitung in die Theorie der Gammafunktion und der Euler'schen Integrale* . Fr. 2. —

— — *Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften in bernischen Landen* vom Wiederaufblühen der Wissenschaften bis in die neuere Zeit. Heft 1—3. Fr. 7. 20

— — *Das Leben und Wirken des Physikers und Geodäten Jacques Barthélmy Micheli du Crest* aus Genf, Staatsgefangener des alten Bern 1746 — 1766. Mit dem Portrait Micheli's, einer Ansicht seines Gefängnisses in Aarburg und dem Facsimile seines Panorama der Alpen . . . . . Fr. 3. —

— — *Das Leben und Wirken des Physikers und Astronomen Johann Jac. Huber* aus Basel, 1733—1798. Mit dem Bildnisse Huber's und einer Tafel, seine freie Uhrhemmung darstellend . . . . . Fr. 1. —

— — *Professor Dr. Rudolf Wolf, 1816—1893* Fr. 1. —

Huber, G., Prof., Dr. *Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteorite und Meteorschwärme* . . . . . Fr. 1. —

— — *Forschungen auf dem Gebiete der Spektralanalyse* » —. 80

Kissling, Dr., E. *Die versteinerten Thier- und Pflanzenreste in der Umgebung von Bern.* Excursions-Büchlein für Studirende . . . . . Fr. 4. —

Baumberger, E. *Ueber die geologischen Verhältnisse am linken Ufer des Bielersees.* . . . . . Fr. 2. —

Baltzer, A., Prof. *Vom Rande der Wüste.* Populärer Vortrag, gehalten im November 1894 in der Bernischen Naturforschenden Gesellschaft. Mit drei Lichtdrucktafeln. Fr. 1. 50

Bützberger, F., Dr. *Kurzer Lehrgang der ebenen Trigonometrie* mit vielen Aufgaben und Anwendungen, cart. Fr. 1. 50

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

3 2044 106 306 343

3 2044 106 306 343

3 2044 106 306 343

3 2044 106 306 343